

TB

中华人民共和国铁路行业标准

TB/T 3226—XXXX

代替 TB/T 3226—2010

牵引供电综合自动化系统装置

Integrated automation system and devices of
traction power supply

（征求意见稿）

（本稿完成时间：2025.04.20）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

国家铁路局 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 技术要求 2

 4.1 环境条件 2

 4.2 额定电气参数 3

 4.3 功率消耗 3

 4.4 系统构成及配置 3

 4.5 站控层功能要求 5

 4.6 通信网络及通信规约要求 8

 4.7 间隔层功能要求 9

 4.8 装置及组屏要求 19

 4.9 过载能力 20

 4.10 绝缘性能 20

 4.11 耐湿热性能 21

 4.12 电磁兼容性能 21

 4.13 直流电源变化影响 23

 4.14 继电保护和安全自动装置功能整组模拟 23

 4.15 当地监控系统功能整组模拟 25

 4.16 通信管理装置功能整组模拟 25

 4.17 连续通电 25

 4.18 机械性能 25

 4.19 结构、外观及安全标志 26

 4.20 外壳防护(IP 代码) 26

5 试验方法 26

 5.1 试验条件 26

 5.2 温度影响试验 26

 5.3 储存、运输的极限环境温度试验 27

 5.4 功率消耗试验 27

 5.5 功能及技术性能试验 27

 5.6 过载能力试验 27

 5.7 绝缘性能试验 27

 5.8 耐湿热性能试验 27

 5.9 电磁兼容性能试验 27

 5.10 直流电源变化影响试验 28

 5.11 继电保护和安全自动装置功能整组模拟试验 29

 5.12 当地监控系统功能整组模拟试验 29

5.13	通信管理装置功能整组模拟试验	30
5.14	连续通电试验	31
5.15	机械性能试验	31
5.16	结构、外观及安全标志检查	31
5.17	外壳防护试验	31
6	检验规则	31
6.1	检验分类	31
6.2	出厂检验	31
6.3	型式检验	31
7	标志与出厂技术文件	32
7.1	标志	32
7.2	出厂技术文件	33
8	包装、运输及储存	33
8.1	包装	33
8.2	运输	33
8.3	储存	33

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替TB/T 3226—2010《电气化铁路牵引变电所综合自动化系统装置》。与TB/T 3226—2010相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 删除了保护测控单元、基准值、绝对误差、相对误差、引用误差（见2010年版的3.1、3.4、3.5、3.6、3.7）；
- b) 增加了控制字（见3.3）；
- c) 更改了环境条件、交流电源（见4.1、4.2.2，2010年版的4.1、4.2.2）；
- d) 更改了系统构成及配置、站控层功能、通信网络层功能、间隔层功能（见4.4、4.5、4.6，2010年版的4.4、4.5、4.6、4.7、4.8）；
- e) 删除了碰壳保护功能（见2010年版的4.7.2.5.5）；
- f) 增加了间隔层装置外形尺寸、安装方式、安装尺寸，组屏屏柜的基本要求、装置组屏布置要求和屏柜直流电源供电（见4.8）；
- g) 更改了过载能力（见4.9，2010年版的4.9）；
- h) 增加了电气间隙和爬电距离要求、保护联结阻抗（见4.10.3、4.10.4）；
- i) 更改了耐湿热性能、电磁兼容性能（见4.11、4.12，2010年版的4.11、4.12）；
- j) 更改了继电保护和安全自动装置功能整组模拟（见4.14，2010年版的4.14、4.15）；
- k) 更改了测控装置功能测试（见4.7.3、4.7.4，2010年版的4.16）；
- l) 更改了站控层设备整组模拟、通信管理装置功能整组模拟测试（见4.15、4.16，2010年版的4.17、4.18）；
- m) 更改了连续通电、结构外观及安全标志、外壳防护（IP代码）（见4.17、4.19、4.20，2010年版的4.19、4.21、4.22）；
- n) 更改了试验条件、温度影响试验、储存和运输的极限环境温度试验（见5.1、5.2、5.3，2010年版的5.1、5.2、5.3）；
- o) 更改了功率消耗试验、功能及技术性能试验、过载能力试验（见5.4、5.5、5.6，2010年版的5.4、5.5、5.6）；
- p) 更改了绝缘性能试验、耐湿热性能试验、电磁兼容性能试验（见5.7、5.8、5.9，2010年版的5.7、5.8、5.9）；
- q) 更改了直流电源变化影响试验，继电保护和安全自动装置功能整组模拟试验（见5.10、5.11，2010年版的5.10、5.11、5.12、5.13）；
- r) 更改了站控层设备整组功能模拟试验、通信设备整组功能模拟试验（见5.12、5.13，2010年版的5.14、5.15）；
- s) 更改了连续通电试验、结构外观及安全标志检查、外壳防护试验（见5.14、5.16、5.17，2010年版的5.16、5.18、5.19）；
- t) 更改了型式试验（见6.3，2010年版的6.3）；
- u) 更改了标志（见7.1，2010年版的7.1）；
- v) 更改了包装、运输及储存（见第8章，2010年版的第8章）。

本文件由铁路行业电气设备与系统标准化技术委员会牵引供电分技术委员会提出并归口。

本文件起草单位：西南交通大学、中国国家铁路集团有限公司工电部、中国中铁电气化局集团有限公司、中国铁路设计集团有限公司、中铁二院工程集团有限责任公司、中铁电气化勘测设计研究院有限公司、中铁检验认证中心有限公司。

本文件主要起草人：韩正庆、高仕斌、韦友春、安英霞、孙明新、魏建忠、陈纪刚、沈菊、刘宇航。

本文件历次版本发布情况为：本文件于2010年首次发布，本次为第一次修订。

牵引供电综合自动化系统装置

1 范围

本文件规定了电气化铁路牵引变电所(含分区所、开闭所、AT所)综合自动化系统装置的技术要求,试验方法,检验规则,标志与出厂技术文件,包装、运输及储存。

本文件适用于电气化铁路牵引变电所综合自动化系统装置。城市轨道交通采用的同类装置可参照本文件执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 2887—2011 计算机场地通用规范
- GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP代码)
- GB/T 4793.1—2007 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第1部分:通用要求
- GB/T 7261—2016 继电器保护和安全装置基本试验方法
- GB/T 9361—2011 计算机场地安全要求
- GB/T 11287—2000 电气继电器 第21部分:量度继电器和保护装置的振动、冲击、碰撞和地震试验 第1篇:振动试验(正弦)
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 13729—2019 远动终端设备
- GB/T 14537—1993 量度继电器和保护装置的冲击与碰撞试验
- GB/T 14598.26—2015 量度继电器和保护装置 第26部分:电磁兼容要求
- GB/T 14598.27—2017 量度继电器和保护装置 第27部分:产品安全要求
- GB/T 15153.1—2024 远动设备及系统 第2部分:工作条件 第1篇:电源和电磁兼容性
- GB/T 17626.2—2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3—2023 电磁兼容 试验和测量技术 第3部分:射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.4—2018 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 17626.5—2019 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验
- GB/T 17626.6—2017 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度
- GB/T 17626.8—2006 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.9—2011 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.10—2017 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.18—2016 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡波抗扰度试验
- GB/T 17742—2020 中国地震烈度表
- GB/T 19520.17—2010 电子设备机械结构 482.6mm(19in)系列机械结构尺寸 第3-105部分:1U高度机箱的尺寸和设计要求
- GB/T 19862 电能质量监测设备通用要求
- DL/T 553 电力系统动态记录装置通用技术条件
- DL/T 634.5101 远动设备及系统 第5-101部分:传输规约 基本远动任务配套标准
- DL/T 634.5104 远动设备及系统 第5-104部分:传输规约 采用标准传输协议子集的IEC60870-5-101网络访问
- DL/T 667 远动设备及系统 第5部分:传输规约 第103篇:继电保护设备信息接口配套标准
- DL/T 720—2013 电力系统继电保护及安全自动装置柜(屏)通用技术条件

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

综合自动化系统装置 integrated automation system and devices

由保护测控装置、安全自动装置、通信管理装置、后台监控计算机等组成的满足供电系统保护、控制、信号、测量、通信任务的系统设备总称。

3.2

软压板 virtual linking piece

通过装置的软件实现自动功能投退的压板。

注：该压板投退状态应被存储并掉电保持，能够被查看或通过通信上传压板状态。装置应支持仅针对单个压板的投退命令。

3.3

控制字 control word

通过装置的软件实现保护功能投退的字符。

注：控制字投退状态应被存储并掉电保持，能够被查看或通过通信上传控制字投退状态。装置应支持仅针对单个控制字的投退命令。

4 技术要求

4.1 环境条件

4.1.1 正常工作大气条件

在下列条件下应能正常运行：

- a) 当地监控计算机：
 - 1) 环境温度：-5℃～+45℃；
 - 2) 相对湿度：40%～95%；
 - 3) 大气压力：70 kPa～106 kPa。
- b) 间隔层装置及通信管理装置：
 - 1) 环境温度：-25℃～+55℃；
 - 2) 相对湿度：5%～95%（装置内部既无凝露，也不应结冰）；
 - 3) 大气压力：70 kPa～106 kPa。

4.1.2 正常试验大气条件

正常试验大气条件应满足如下要求：

- a) 环境温度：+15℃～+35℃；
- b) 相对湿度：25%～75%；
- c) 大气压力：86 kPa～106 kPa。

4.1.3 试验基准大气条件

试验基准大气条件应满足如下要求：

- a) 环境温度：+20℃±5℃；
- b) 相对湿度：45%～75%；
- c) 大气压力：86 kPa～106 kPa。

4.1.4 储存、运输极限环境温度

储存、运输极限环境温度：-40℃～+70℃，相对湿度不大于85%。

4.1.5 周围环境

周围环境条件按如下要求：

- a) 使用地点的电磁环境不应超过 4.12 规定的电磁场存在；
- b) 场地应符合 GB/T 9361—2011 中 B 类安全要求的规定；
- c) 使用地点不出现超过 GB/T 11287—2000 规定的严酷等级为 1 级的振动；不发生超过 GB/T 17742—2020 规定的烈度为Ⅶ度的地震；
- d) 装置的使用地点应无爆炸危险的物质，周围介质中不应含有能腐蚀金属、破坏绝缘和表面敷层的介质及导电介质，不应有严重的霉菌存在；
- e) 应有防御雨、雪、风、沙、尘埃的措施；
- f) 接地电阻应符合 GB/T 2887—2011 中 4.8 的规定。

4.1.6 特殊环境条件

当超出 4.1.1～4.1.5 规定的环境条件时，由用户与制造商协商确定。当使用在海拔 2000 m 以上高原环境时，应充分考虑高原环境条件对系统设备绝缘性能、高温性能等的影响。

4.2 额定电气参数

4.2.1 直流电源

直流电源应满足如下要求：

- a) 额定电压：110 V、220 V；
- b) 允许偏差：-20%～+20%；
- c) 纹波系数：不大于 5%。

4.2.2 交流电源

交流电源应满足如下要求：

- a) 额定电压：单相 220 V，允许偏差 -20%～+15%；
- b) 频率：50 Hz，允许偏差 ±5%；
- c) 谐波含量：不大于 5%；
- d) 允许断电持续时间：不超过 4 ms。

4.2.3 交流回路

交流回路应满足如下要求：

- a) 交流电流：5 A、1 A；
- b) 交流电压：100 V、 $100/\sqrt{3}$ V；
- c) 频率：50 Hz。

4.2.4 状态量输入

状态量输入应满足如下要求：

- a) 接口电平：DC220 V、DC110 V；
- b) 允许偏差：-20%～+10%；
- c) 纹波系数：不大于 5%。

4.3 功率消耗

功率消耗应满足如下要求：

- a) 交流电流回路：当 $I_n=5$ A 时，每相不大于 $0.5 \text{ V} \cdot \text{A}$ ；
当 $I_n=1$ A 时，每相不大于 $0.3 \text{ V} \cdot \text{A}$ 。
- b) 交流电压回路：当电压为 U_n 时，每相不大于 $0.5 \text{ V} \cdot \text{A}$ 。
- c) 直流电源回路：正常工作时，不大于 50 W。

注： I_n 、 U_n 为额定值，下同。

4.4 系统构成及配置

4.4.1 系统基本组成结构

整个系统应采用分层分布式结构，按照面向对象原则设计，由站控层、间隔层和通信网络组成。站控层根据工程需求进行配置。间隔层装置采用模块化结构，满足集中组屏和分散式安装的要求。通信网络满足站控层与间隔层装置间的通信要求。其他智能装置可通过网关或通信管理装置接入系统。

4.4.2 站控层

4.4.2.1 一般要求

站控层实现变电所监视控制和运行管理功能，应做到界面友好、易于使用。站控层设备主要包括：后台监控计算机、通信管理装置、时钟同步装置、逆变电源、打印机等。

4.4.2.2 后台监控计算机

后台监控计算机用于部署当地监控系统，应采用工业控制计算机，优先采用低功耗的嵌入式产品。

4.4.2.3 通信管理装置

通信管理装置应采用可靠性高，处理能力强，响应速度快的工业级产品。应采用32位以上嵌入式工业CPU，应具有数据处理能力及存储能力，采用具有掉电数据保护的存储器。配置嵌入式多任务操作系统软件。

4.4.2.4 时钟同步装置

时钟同步装置应接收北斗卫星导航系统（BDS）信号，通过对时网与通信管理装置及间隔层装置联网，实现系统时钟的准确同步。

4.4.2.5 打印机

应具有汉字打印功能，作为运行记录打印机兼作制表打印机；打印机应选用高性能、低噪声的机型，打印速度不低于15 PPM。

4.4.2.6 逆变电源

逆变电源分别输入一路交流220 V和一路直流110 V或直流220 V电源，并经过逆变后转换为交流220 V，供站控层设备使用。其输出电压、电压波动范围及容量应满足综自系统的用电要求。

4.4.3 通信网络及通信规约

通信网络是站控层和间隔层之间数据传输的通道，通信接口标准及规约应能满足各种不同的间隔层装置接入的要求。

4.4.4 间隔层

4.4.4.1 一般要求

间隔层应能完成牵引变压器、馈线、并联无功补偿设备、动力变压器、自耦变压器等高压现场设备的保护、测量、监视、控制和通信功能，还能实现馈线重合闸、故障测距、备自投、电能质量分析、故障录波、自诊断及调试维护等功能。间隔层装置主要包括：牵引变压器保护测控装置、馈线保护测控装置、并联补偿保护测控装置、动力变压器保护测控装置、自耦变压器保护测控装置、故障测距装置等。间隔层装置还包括电能质量分析装置和故障录波装置，其技术要求应分别符合由GB/T 19862和DL/T 553的规定。

4.4.4.2 牵引变压器保护测控装置

牵引变压器保护测控装置应具有独立性、完整性和成套性，整套装置应由保护装置、测控装置、备自投装置和操作箱组成。保护装置适应各种牵引变压器接线形式，具备差动电流速断保护、二次谐波制动比率差动保护、高压侧低电压启动过流保护、低压侧低电压启动过流保护、零序过电流保护、过负荷保护、失压保护、过励磁保护、非电量告警功能；备自投装置具备进线失压备自投和主变故障备自投功能；测控装置可对牵引变压器及进线断路器、电动隔离开关等设备进行控制，应能通过交流采样对牵引

变压器高、低压侧电流、电压进行测量，实时监视牵引变压器及进线断路器、隔离开关工作及故障信号，监视其他间隔设备的设备异常、失电信息，监视变压器本体信号及其他需要监视的信号；操作箱应具备一台/组牵引变压器高低压侧断路器的控制功能和非电量跳闸功能。

4.4.4.3 馈线保护测控装置

馈线保护测控装置应按间隔配置，一台断路器对应一套保护测控装置。具备二次谐波闭锁的三段自适应距离保护（动作边界应为多边形，可设置方向）、电流速断保护、低压启动过电流保护、电流增量保护、PT断线闭锁功能、重合闸以及备自投功能。可完成本间隔断路器和隔离开关的控制，实现母线电压、馈线电流等的测量，可监视本间隔断路器、隔离开关的工作和故障状态信号，具有直供线路的故障测距功能。

4.4.4.4 并联补偿保护测控装置

并联补偿装置应按间隔配置。一台断路器对应一套电容器保护测控装置。具备差电压保护、电流速断保护、过电流保护、全电流过电流保护、过电压保护、失压保护、差电流保护。可完成本间隔断路器的控制，可实现母线电压、回路电流等的测量，可监视本间隔断路器的工作及故障信号。

4.4.4.5 动力变压器保护测控装置

保护适应各种动力变压器接线形式，具备电流速断保护、过电流保护、失压（或缺相）保护、非电量（重瓦斯、压力释放、温度）保护。可完成本间隔断路器及电动隔离开关的控制，可实现母线电压、回路电流的测量，可监视本间隔断路器及电动隔离开关的工作及故障信号，还可监视动力变本体信号。

4.4.4.6 自耦变压器保护测控装置

保护适应自耦变压器各种接线形式，具备非电量保护、失压保护、检有压重合闸功能、备自投、差动保护、过负荷保护等。可完成本间隔断路器及电动隔离开关的控制，可监视本间隔断路器及电动隔离开关的工作及故障信号，还可监视自耦变压器本体信号。

4.4.4.7 故障测距装置

故障测距装置应按供电臂配置。AT供电方式的故障测距装置应具备吸上电流比法、电抗法、上下行电流比法和横联线电流比法等方法的测距功能，可正确判断故障类型（TR故障、FR故障、TF故障）、故障方向（上行故障、下行故障）。测距自启动的判据宜采用过电流保护、距离保护、电流增量、电压突变等启动判据。

4.4.5 系统与外部设备接口

4.4.5.1 与调度远动的接口

与调度远动的接口为以太网接口，通信规约满足调度系统通信规约的要求，如采用DL/T 634.5104、DL/T 634.5101等通信规约。

4.4.5.2 与一次设备的接口

与一次设备的接口按如下要求：

- a) 与一次设备接口界面为二次设备屏柜端子排外侧；
- b) 与变压器温度检测装置的接口为数字通信接口，温度检测装置由变压器厂家配套提供。

4.4.5.3 与其他设备的接口

与交直流系统、辅助监控系统等其他设备接口时均应采用数字通信接口，优先采用以太网接口或者RS-232C/RS-485异步串行接口。通信规约应能满足综自系统的要求，宜采用DL/T 860、Modbus或DL/T 634.5104规约。

4.5 站控层功能要求

4.5.1 当地监控系统

4.5.1.1 数据采集与信号监视

数据采集与信号监视应满足如下要求：

- a) 实时采集模拟量、开关量、数字量、温度量以及各类保护信息；
- b) 实时数据处理，可以对实时数据进行统计、分析、计算，通过计算产生电量、日/月/年最大值/最小值及出现的时间等；应能保存模拟量历史数据，显示模拟量历史曲线；
- c) 正常运行状态监视，通过用户画面对供电设备、装置的运行状态进行实时监视；
- d) 异常运行状态监视，通过用户画面对供电设备、装置的异常状态进行实时监视，包括设备故障、保护跳闸与告警、装置异常、网络通信异常等；
- e) 遥信变化响应时间小于 1 s；
- f) 遥测信息响应时间小于 2 s；
- g) 保护跳闸与告警响应时间小于 1 s；
- h) 信号正确率大于或等于 99.99%。

4.5.1.2 报警处理

报警处理应包括：

- a) 事故报警，包括保护装置动作、断路器异常分闸等信号，要求如下：
 - 1) 事故状态发生时，监控画面上用颜色改变和闪烁表示该设备变位，同时显示红色报警条文；
 - 2) 事故报警通过手动或自动方式确认，每次确认一次报警，报警一旦确认，报警条文颜色变色，闪烁停止；
 - 3) 第一次事故报警发生阶段，若发生第二次报警，可以同样处理，不应覆盖第一次事故报警。
- b) 预告报警，包括一般设备变位、状态异常信息、模拟量越限/复限、间隔层装置的状态异常。预告报警处理方式和事故报警相同。
- c) 报警级别，各报警信息应能按照重要性进行分类，在显示时以不同颜色进行区别，以确保显示的清晰和醒目，事件等级分类及显示颜色应符合表 1 的规定。

表1 报警事件等级分类及显示颜色表

序号	事件类别	事件等级	显示颜色	事件内容
1	事故	1	红色	保护装置动作、主变非电量信号（跳闸）、断路器异常分闸等
2	严重预告	2	橙色	主变非电量信号（不跳闸）、重合闸动作、备自投动作、装置失电、控制回路断线、装置通信中断、断路器变位等
3	一般预告	3	黄色	断路器/隔离机构辅助信号（弹簧未储能、电机回路失电）、电流电压越限（遥测越上限、越下限）等
4	其他预告	4	蓝色	交直流系统信号、遥信变位、控制模式改变、遥控操作等

4.5.1.3 信息管理

提供报警信息的确认、打印、分类、存储等管理手段。用户可通过时间、对象、报警级别等内容方便地检索所需信息。

4.5.1.4 控制功能

对所内各种开关及其他可控设备在当地监控计算机上进行集中控制。具备远方/当地、调度/所内控制模式，带必要的安全检查和防误控闭锁。具备信号复归以及设备的启停等控制功能。

操作员执行的所有操作都严格受到操作权限的控制，没有相应操作权限的操作员无法执行相应的操作。控制方式包括：单个开关的独立控制及成组开关的顺序控制。

控制功能性能应满足如下要求：

- a) 遥控传输延时时间小于 1 s；
- b) 控制正确率为 100%，控制成功率不小于 99.99%。

4.5.1.5 继保维护功能

继保维护功能及性能应满足如下要求：

- a) 查询、修改、打印、导入、导出、比较保护定值；

- b) 切换定值区，投退软压板和控制字；
- c) 查询历史故障报告、事件报告，可打印和导出；
- d) 查询、分析故障录波，可导出录波文件；
- e) 定值、软压板、控制字维护响应时间小于 2 s；
- f) 显示保护实时电量；
- g) 保护跳闸发生后当地监控系统应能主动读取相应保护装置的故障录波数据并保存。

4.5.1.6 报表功能

具备统计报表功能，可以按每日(月、年)或自定义时间统计电度量、模拟量极值、模拟量越限等，并列表存储。

4.5.1.7 画面显示和打印

提供组态灵活、使用简便的图形系统，对综自系统的各种运行状态、报警信息、波形信息等以图形画面、曲线、报表等多种形式表示和打印。

画面显示功能应满足如下要求：

- a) 对显示主接线中的各种开关进行人工置数；
- b) 主接线图应具备带电拓扑显示。

4.5.1.8 用户管理功能

用户管理功能应满足如下要求：

- a) 对不同级别的工作人员设置不同的管理权限，以确保综自系统的安全性。权限可自定义；
- b) 在进行重要操作，如开关遥控、定值修改时，应输入操作口令后才能进行相应操作。

4.5.1.9 数据存储功能

应将所采集数据，包括但不限于间隔层装置的故障报告、保护事件、定值等，存为计算机文件或存入数据库，能实现数据的备份或转储。历史数据保存时间不应少于1年。

4.5.1.10 自诊断和自恢复

具备硬件和软件的自诊断和自恢复功能，保证系统的整体安全性。

4.5.1.11 系统维护功能

对系统数据库、系统功能模块、系统参数进行维护。应完成整个系统数据的建立及修改、画面建立及修改、历史数据库的管理、系统运行参数的定义及修改和系统程序的维护。所有数据的建立、修改、画面的建立均无需编程，可采用人机对话方式用专用工具直观编辑。

4.5.1.12 人机界面要求

人机界面应满足如下要求：

- a) 画面总体布局由标题栏或快捷图标、监控区域、告警和事件显示窗口等部分组成；
- b) 当地监控系统常用功能可通过主画面右键菜单、快捷图标或标题栏菜单打开，常用功能包括系统设置、信息查看、实时监视、保护管理、操作等；
- c) 监控区域占据监控屏幕的主要部分，包含画面标题、时间显示、画面内容等，其中画面内容应包括主接线图、通信状态、设备分图显示等，针对不同内容可以呈现不同的视图；
- d) 告警和事件显示窗口位于画面的底端或顶端，可采用弹出方式，实时显示告警和事件信息。

4.5.1.13 CPU 负荷要求

一分钟CPU平均利用率在正常情况下应低于30%，在牵引供电系统故障情况下应低于50%。

4.5.2 通信管理装置

4.5.2.1 一般要求

通信管理装置完成综自系统与其他设备的连接,实现所内所有保护、测控及其他装置的通信信息管理功能。通信接口标准及规约应能满足各种不同的间隔层装置接入的要求,应采用DL/T 860规约。通信管理装置和当地监控通信规约宜采用DL/T 860、DL/T 667或DL/T 634.5104规约。

通信管理装置应采用可靠性高、处理能力强、响应速度快的工业级产品。应采用32位及以上嵌入式工业CPU,采用具有掉电数据保护的存储器,配置嵌入式多任务操作系统软件。

每台通信管理装置提供至少四路以太网接口及至少六路异步高速串口,具备电笛、电铃音响驱动及试验、复归功能,具备驱动中间继电器断电重启另一台通信管理装置的功能。

每台通信管理装置应具备同时与两个调度系统通信的功能,对调度系统的通信接口与对综自系统内部的通信接口应相互独立,防止将外部网络故障引入综自系统内部通信网络。与调度系统通信的通信管理装置应按照独立双机热备用配置,任一通信管理装置故障不会影响系统与调度系统之间的通信,双机切换前的信息不应主动重传。

通信管理装置应采用1U高度机箱,且满足GB/T 19520.17—2010中5.1 A型机箱规定的尺寸要求。

通信管理装置应能接收调度对时,向当地监控及间隔层装置提供简单网络时间协议(SNTP)对时服务。

通信管理装置应能并行执行同一调度系统对不同间隔层装置的遥控命令。

4.5.2.2 维护功能

应具备远程和本地维护功能,维护内容包括软件升级、配置文件上传和下载等。

4.5.2.3 自诊断、自恢复功能

自诊断、自恢复功能要求如下:

- 在通信管理装置故障的情况下,应能够检出装置异常信号并告警;
- 在外部电源故障或失电时,通信管理装置所有重要信息不应丢失,并能在外部电源恢复时,恢复其正常功能,重新正确显示并输出;
- 通信管理装置应具有硬件自复位能力,当通信管理装置死机时应能够自动复位。

4.5.2.4 其他要求

当间隔层保护测控装置在检修状态时,通信管理装置接收到该装置的除检修状态外的其他信息不应上送调度系统。

4.5.3 时钟同步装置

时钟同步装置通过IRIG-B码与通信管理装置和间隔层装置对时,通信管理装置通过通信方式为当地监控系统提供授时,实现系统时钟的准确同步。

IRIG-B码对时精度优于0.1 ms。

4.6 通信网络及通信规约要求

4.6.1 基本要求

通信网络是站控层和间隔层之间数据传输的通道,通信网络应优先采用双星型以太网,也可采用环型以太网。通信介质可根据需要选用光纤或双绞线,所内交换设备应采用工业级交换机。其他设备可通过网关或通信管理装置接入综自系统。

间隔层保护测控装置与站控层的通信规约应采用DL/T 860规约,牵引供电继电保护IEC 61850工程应用模型应符合相关标准的规定。

4.6.2 通信性能要求

通信性能应满足如下要求:

- 以太网通信速率:不低于100 Mbit/s;
- 串行口通信速率:300 bit/s~38400 bit/s;
- 通信网络负荷率:正常情况下低于20%,故障情况下低于40%。

4.6.3 与远动通道的接口

与远动通道的接口应为以太网接口, 通信规约应满足调度系统通信规约的要求, 如采用DL/T 634.5104、DL/T 634.5101等通信规约。

4.6.4 与其他设备的接口

与交直流系统、辅助监控系统等其他设备接口时均应采用数字通信接口, 优先采用以太网接口或者RS-232C/RS-485异步串行接口。通信规约应能满足综自系统的要求, 宜采用DL/T 860、Modbus或DL/T 634.5104规约。

4.7 间隔层功能要求

4.7.1 基本要求

4.7.1.1 装置应能适应牵引供电系统负荷特征和故障特征, 在牵引供电系统各种运行工况下应能可靠工作。

4.7.1.2 装置应具有独立性、完整性、成套性, 应具有能反应被保护对象各种故障及异常状态的保护功能, 以及模拟量测量、开关控制和监视功能。

4.7.1.3 装置的所有引出端子同装置内部的工作电源系统应采取必要的隔离措施。

4.7.1.4 所有欠量保护的返回系数应为 1.02, 过量保护的返回系数应为 0.98。

4.7.1.5 应具备断路器失灵告警功能, 提供断路器失灵接点。

4.7.1.6 装置还应满足以下要求:

- a) 装置中保护元件应能方便投入和退出, 软压板及控制字应可通过遥控方式进行投退;
- b) 装置应具备当地和远方切换定值区、修改整定值的功能, 定值区为 8 个, 定值区号范围为 0~7, 定值应能导入和导出;
- c) 装置应具有在线自动检测和告警功能, 包括装置硬件损坏、功能失效和二次回路异常的自动检测; 当发生定值异常、模拟量采集异常等时应闭锁保护;
- d) 装置应具有硬件自复位能力, 当装置死机时应能够自动复位;
- e) 装置上电、复位重启过程中, 不应误发信息, 不应误动作;
- f) 装置应设有硬件启动回路, 只有在牵引供电系统发生故障时, 才允许开放跳闸回路;
- g) 应根据电磁环境的具体情况, 采用接地、屏蔽、限幅、隔离及合理布线等措施, 以降低电磁干扰, 满足保护设备的抗扰度要求;
- h) 装置的故障报告、故障录波、事件报告、定值等, 在失去直流电源的情况下不应丢失, 在电源恢复正常后应能重新正确显示并输出;
- i) 装置应具备与外部标准授时源的授时数据接口, 应优先采用 IRIG-B 码对时, 对时误差不大于 1 ms; 当 B 码信号消失时, 采用通信方式进行对时。无外部对时时, 装置自身时钟 24 h 误差不应大于 5 s;
- j) 装置应具备以太网维护接口, 并提供必要的维护软件实现定值整定、故障分析等功能;
- k) 通信接口的通信数据格式应遵循统一的规约, 应采用 DL/T 860 标准通信协议, 通信介质可选用光纤或双绞线;
- l) 装置应具有故障记录功能, 并满足以下要求:
 - 1) 装置应能可靠记录保护启动、动作、返回全过程的相关信息, 包括相关模拟量、开关量、动作元件、动作时间等, 并存储不少于 32 次最新的故障录波数据和故障报告;
 - 2) 故障前录波时间不少于 100 ms, 故障后录波应包含保护元件启动到返回的全过程, 录波长度一般不小于 0.4 s;
 - 3) 重合闸失败独立记录动作报告及录波数据;
 - 4) 录波文件采用 COMTRADE 格式, 每周波不少于 80 个采样点;
- m) 装置应具有以时间顺序记录的方式记录事件的功能, 事件应包括保护事件报告、操作事件报告、状态量变位报告、装置事件报告等; 操作事件应包括软压板投退、定值或参数修改及遥控操作等; 有保护动作时保护事件应记录在故障报告中, 未动作时保护扰动事件应记录在保护事件报告中;
- n) 装置失电时应能输出告警接点信号;
- o) 故障报告中的电量信息应能选择一次值或二次值显示, 上送的模拟量应为一次值;

- p) 装置应具备远方复归功能，可远方复归保护动作指示灯；
- q) 装置应提供中文显示界面和中文菜单，液晶屏幕不小于 3.5 英寸，分辨率不小于 320×240；当无人操作装置面板按键时，等待 2 分钟熄灭液晶屏幕；
- r) 装置制造商应提供装置的技术及使用说明资料，阐明装置的各种技术规格、接口类型、功能原理、调试方法等。

4.7.1.7 当断路器本体处于远方控制状态且无保护跳闸或控制分闸时，若发生断路器分闸，保护装置应能输出断路器异常分闸（控制状态与位置不对应）告警。

4.7.2 准确工作范围

准确工作范围满足以下要求：

- a) 电压回路： $0.01U_n \sim 1.5U_n$ ；
- b) 保护电流回路： $0.05I_n \sim 20I_n$ 或 $0.05I_n \sim 40I_n$ ；
- c) 测量电流回路： $0.01I_n \sim 2I_n$ ；
- d) 频率：45 Hz～55 Hz。

4.7.3 控制功能

4.7.3.1 控制功能要求

控制功能应满足如下要求：

- a) 操作回路具备以下功能：
 - 1) 接收跳、合闸命令，完成对断路器的相应操作；
 - 2) 跳闸保持功能，由串联在跳闸回路中的跳闸保持继电器及其触点构成，保持跳闸输出直至断路器跳闸回路断开；
 - 3) 合闸保持功能，由串联在合闸回路中的合闸保持继电器及其触点构成，保持合闸输出直至断路器合闸回路断开；
 - 4) 防跳功能，当合闸触点未能及时返回的同时有跳闸命令输入时，闭锁合闸回路直至合闸输入返回，防止断路器发生“跳跃”现象，防跳功能应便于取消；
 - 5) 断路器控制回路监视功能，控制回路监视与跳、合闸回路的连接应便于分开；
 - 6) 断路器位置指示功能；
 - 7) 信号输出功能，包括断路器位置、控制回路断线等信号。
- b) 遥控具备以下功能：
 - 1) 应具备继电器触点输出控制的功能，控制脉冲宽度可调；
 - 2) 应具备控制命令校核功能；
 - 3) 应具备控制信息记录功能；
 - 4) 装置应满足本间隔断路器和相关电动隔离开关的遥控分合闸操作要求。

4.7.3.2 触点性能

触点性能应满足如下要求：

- a) 机械耐久性：动作次数不少于 10000 次；
- b) 接通容量：当 L/R=40 ms 时，不小于 1000 W；
- c) 接通电流：
 - 1) 连续：不小于 5 A；
 - 2) 短时：持续 200 ms，不小于 30 A；短时额定工作周期应为：接通 200 ms，断开 15 s。
- d) 最大断开容量：当 L/R=40 ms 时，不小于 30 W；
- e) 触点间最大电压：4.2.1 a) 规定的额定电压的 1.1 倍。

4.7.4 测量功能

4.7.4.1 模拟量采集

模拟量采集应满足如下要求：

- a) 装置应具有模拟量采集功能，应能满足本间隔模拟量的采集需求；
- b) 允许基本误差极限：
 - 1) 交流电压、交流测量电流： $\pm 0.2\%$ ；
 - 2) 有功功率、无功功率： $\pm 0.5\%$ ；
 - 3) 功率因数： $\pm 0.5\%$ ；
 - 4) 频率： $\pm 0.1\%$ 。
- c) 影响量的参比条件和试验允许误差应符合 GB/T 13729—2019 中表 7 的规定；
- d) 被测量的参比条件应符合 GB/T 13729—2019 中表 8 的规定；
- e) 在 c)、d) 规定的参比条件下，被测量在 4.7.2 a)、c)、d) 的量程范围内的测量误差不应超过 b) 的规定；
- f) 输入回路要求应符合 GB/T 13729—2019 中 5.5.2 e) 的规定；
- g) 影响量的参数范围及允许的改变量，应符合 GB/T 13729—2019 中 5.5.2 f) 的规定；
- h) 装置应能显示模拟量的一次值和二次值。

4.7.4.2 状态量采集

状态量采集应满足如下要求：

- a) 开入回路应采用光电隔离；
- b) 应满足本间隔断路器和相关电动隔离开关的状态量采集需求；
- c) 开关位置应同时采集分位信号和合位信号；
- d) 应具备状态量防抖功能，每路状态量的防抖时间可分别设置；
- e) 强电开入回路的启动电压值不应大于 0.7 倍额定电压值，且不应小于 0.55 倍额定电压值；
- f) 对应机械触点“闭合”和“断开”表示的状态量，仅考虑无源空接点接入方式；
- g) 事件顺序记录（SOE）分辨率：小于或等于 1 ms。

4.7.5 继电保护和安全自动功能

4.7.5.1 馈线保护测控装置

4.7.5.1.1 距离保护

距离保护应满足如下要求：

- a) 阻抗整定范围：应能满足牵引供电线路的要求，其整定范围： $0.5\ \Omega \sim 800\ \Omega$ ；
- b) 时限整定范围： $0.00\ \text{s} \sim 10.00\ \text{s}$ ；
- c) 动作阻抗误差：不大于整定值的 5% 或 $0.02\ \Omega$ ；
- d) 动作时间误差：在阻抗 0.7 倍整定值时不大于时限定值的 1% 或 40 ms。

4.7.5.1.2 电流速断保护

电流速断保护应满足如下要求：

- a) 动作电流整定范围： $0.1I_n \sim 20I_n$ ；
- b) 时限整定范围： $0.00\ \text{s} \sim 10.00\ \text{s}$ ；
- c) 动作电流误差：不大于整定值的 2.5% 或 $0.02I_n$ ；
- d) 动作时间误差：在电流 1.2 倍整定值时不大于时限定值的 1% 或 40 ms。

4.7.5.1.3 二次谐波闭锁

二次谐波闭锁应满足：谐波含量定值为 0.05～0.30，允许偏差 ± 0.02 。

4.7.5.1.4 失压保护

失压保护应满足如下要求：

- a) 电压整定范围： $10\ \text{V} \sim 100\ \text{V}$ ；
- b) 时限整定范围： $0.10\ \text{s} \sim 10.00\ \text{s}$ ；
- c) 动作电压误差：不大于整定值的 2.5% 或 $0.01U_n$ ；
- d) 动作时间误差：在电压 0.7 倍整定值时不大于时限定值的 1% 或 40 ms。

4.7.5.1.5 电流增量保护

电流增量保护应满足如下要求：

- a) 电流整定范围： $0.1I_n \sim 20I_n$ ；
- b) 时限整定范围：0.00 s～10.00 s；
- c) 动作电流误差：不大于整定值的 2.5%或 $0.02I_n$ ；
- d) 动作时间误差：在电流 1.2 倍整定值时不大于时限定值的 1%或 40 ms。

4.7.5.1.6 低电压启动过电流保护

低电压启动过电流保护应满足如下要求：

- a) 电压整定范围：2 V～100 V；
- b) 电流整定范围： $0.1I_n \sim 20I_n$ ；
- c) 时限整定范围：0.00 s～10.00 s；
- d) 动作电流误差：不大于整定值的 2.5%或 $0.02I_n$ ；
- e) 动作电压误差：不大于整定值的 2.5%或 $0.01U_n$ ；
- f) 动作时间误差：在电流 1.2 倍整定值、电压 0.7 倍整定值时不大于时限定值的 1%或 40 ms。

4.7.5.1.7 故障测距

故障测距应满足如下要求：

- a) 具有直接供电方式下的故障测距功能，在 AT 供电方式下，装置不配置故障测距功能；
- b) 分段电抗值应为保护安装处到各分段点的电抗一次值，分段距离应为保护安装处到各分段点的公里数，故障距离应为保护安装处到故障点的公里数（含供电线），故障点在供电线上时故障公里标应为上网点公里标，故障点在线路上时故障公里标应为故障点的公里标；
- c) 金属性故障测距误差不超过 500 m。

4.7.5.1.8 重合闸

重合闸应满足如下要求：

- a) 重合闸复归时限整定范围：5.00 s～60.00 s；
- b) 重合闸时限整定范围：1.00 s～10.00 s；
- c) 后加速时限整定范围：0.00 s～1.00 s；
- d) 检有压电压整定范围：50 V～100 V；
- e) 动作时间误差：不大于时限定值的 1%或 40 ms。

4.7.5.1.9 备自投

备自投应满足如下要求：

- a) 备自投功能由两台装置配合完成；
- b) 备自投功能由失压保护触发，当失压保护动作且进线断路器跳闸成功时发出备自投启动信号；
- c) 备自投功能不受保护测控屏远方/当地转换开关的闭锁。

4.7.5.2 牵引变压器保护装置

4.7.5.2.1 差动速断保护

差动速断保护应满足如下要求：

- a) 电流整定范围： $0.1I_n \sim 10I_n$ ；
- b) 动作电流误差：不大于整定值的 5%或 $0.02I_n$ ；
- c) 动作时间误差：在差动电流 1.5 倍整定值时，动作时间不大于 30 ms。

4.7.5.2.2 比率差动保护

比率差动保护应满足如下要求：

- a) 动作电流整定范围：0.1 I_n ~4 I_n ；
- b) 1 段制动电流整定范围：0.1 I_n ~4 I_n ；
- c) 2 段制动电流整定范围：0.1 I_n ~10 I_n ；
- d) 比率制动系数：0.1~0.8；
- e) 动作电流误差：不大于整定值的 5%或 0.02 I_n ；
- f) 动作时间误差：在差动电流 2 倍整定值时，动作时间不大于 30 ms。

4.7.5.2.3 二次谐波闭锁

二次谐波闭锁应满足：谐波含量定值为0.05~0.80，允许偏差±0.02。

4.7.5.2.4 过励磁保护

过励磁保护应满足如下要求：

- a) 装置应具备定时限过励磁告警和反时限过励磁告警或跳闸功能；
- b) 反时限过励磁保护动作特性应根据变压器制造商提供的变压器允许的过励磁能力曲线整定，宜采用分段线性化的方法模拟反时限曲线；
- c) 过励磁倍数动作值误差：不大于整定值的 2.5%；
- d) 定时限过励磁动作时间误差：在过励磁倍数 1.2 倍整定值时不大于时限定值的 1%或 70 ms。

4.7.5.2.5 低压启动过电流保护

低电压启动过电流保护应满足如下要求：

- a) 电流整定范围：0.2 I_n ~10 I_n ；
- b) 电压整定范围：30 V~100 V；
- c) 时限整定范围：0.10 s~10.00 s；
- d) 动作电流误差：不大于整定值的 2.5%或 0.02 I_n ；
- e) 动作电压误差：不大于整定值的 2.5%或 0.01 U_n ；
- f) 动作时间误差：在电流 1.2 倍整定值、电压 0.7 倍整定值时不大于时限定值 1%或 40 ms。

4.7.5.2.6 过负荷保护

过负荷保护应满足如下要求：

- a) 电流整定范围：0.2 I_n ~10 I_n ；
- b) 时限整定范围：0.10 s~600.00 s；
- c) 动作电流误差：不大于整定值的 2.5%或 0.02 I_n ；
- d) 动作时间误差：
 - 1) 采用定时限在电流 1.2 倍整定值时不大于时限定值的 1%或 40 ms；
 - 2) 采用反时限在 $1.2 < I/I_{dz} < 10$ 时不大于时限定值的 5%或 40 ms。

注：I——动作电流， I_{dz} ——电流定值，下同。

4.7.5.2.7 失压保护

失压保护应满足如下要求：

- a) 电压整定范围：10 V~100 V；
- b) 时限整定范围：0.10 s~10.00 s；
- c) 动作电压误差：不大于整定值的 2.5%或 0.01 U_n ；
- d) 动作时间误差：在电压 0.7 倍整定值时不大于时限定值的 1%或 40 ms。

4.7.5.2.8 零序过电流保护

零序过电流保护应满足如下要求：

- a) 电流整定范围：0.2 I_n ~10 I_n ；
- b) 时限整定范围：0.10 s~10.00 s；
- c) 动作电流误差：不大于整定值的 2.5%或 0.02 I_n ；
- d) 动作时间误差：在电流 1.2 倍整定值时不大于时限定值的 1%或 40 ms。

4.7.5.3 备自投装置

备自投应满足如下要求：

- a) 变压器故障备自投及进线失压备自投；
- b) 进线备自投和变压器备自投功能应由牵引变压器保护装置发出信号触发，发出进线备自投信号的条件是失压保护已可靠动作，发出变压器备自投信号的条件是差动保护或非电量保护已可靠动作；
- c) 由变压器故障引起的备自投动作后，应在当地或远方复归后才能再次动作；
- d) 备自投分合闸操作不应受保护测控屏柜远方/当地转换开关的闭锁。

4.7.5.4 操作箱

4.7.5.4.1 非电量保护

非电量保护应满足如下要求：

- a) 装置应具有非电量跳闸信号接入并启动跳闸的功能。
- b) 非电量跳闸回路应满足以下要求：
 - 1) 回路启动功率不低于 5 W；
 - 2) 回路的启动电压值不应大于 0.7 倍额定电压值，且不应小于 0.55 倍额定电压值；
 - 3) 回路在额定直流电源电压下的动作时间为 10 ms～35 ms；

4.7.5.4.2 操作箱控制功能

一台操作箱应能完成牵引变压器高低压侧5台断路器的操作功能，每块操作插件应满足如下要求：

- a) 接收跳、合闸命令，完成对断路器的相应操作；
- b) 跳闸保持功能，由串联在跳闸回路中的跳闸保持继电器及其触点构成，保持跳闸输出直至断路器跳闸回路断开；
- c) 合闸保持功能，由串联在合闸回路中的合闸保持继电器及其触点构成，保持合闸输出直至断路器合闸回路断开；
- d) 防跳功能，当合闸触点未能及时返回的同时有跳闸命令输入时，闭锁合闸回路直至合闸输入返回，防止断路器发生“跳跃”现象。防跳功能应便于取消；
- e) 断路器控制回路监视功能，控制回路监视与跳、合闸回路的连接应便于分开；
- f) 断路器位置指示功能；
- g) 信号输出功能，包括断路器位置、控制回路断线信号；
- h) 操作插件应提供以下指示灯：
 - 1) 电源；
 - 2) 分位；
 - 3) 合位。

4.7.5.5 并联补偿保护测控装置

4.7.5.5.1 电流速断保护

电流速断保护应满足如下要求：

- a) 电流整定范围：0.1 I_n ～20 I_n ；
- b) 时限整定范围：0.00 s～60.00 s；
- c) 动作电流误差：不大于整定值的 2.5%或 0.02 I_n ；
- d) 动作时间误差：在电流 1.2 倍整定值时不大于时限定值的 1%或 40 ms。

4.7.5.5.2 过电流保护

过电流保护应满足如下要求：

- a) 电流整定范围：0.1 I_n ～20 I_n ；
- b) 时限整定范围：0.00 s～60.00 s；
- c) 动作电流误差：不大于整定值的 2.5%或 0.02 I_n ；

- d) 动作时间误差：在电流 1.2 倍整定值时不大于时限定值的 1%或 40 ms。

4.7.5.5.3 全电流过电流保护

全电流过电流保护应满足如下要求：

- a) 电流整定范围： $0.1I_n \sim 20I_n$ ；
- b) 时限整定范围：0.00 s～240.00 s；
- c) 动作电流误差：不大于整定值的 2.5%或 $0.02I_n$ ；
- d) 动作时间误差：在全电流 1.2 倍整定值时不大于时限定值的 1%或 40 ms。

4.7.5.5.4 过电压保护

过电压保护应满足如下要求：

- a) 电压整定范围：10 V～150 V；
- b) 时限整定范围：0.00 s～60.00 s；
- c) 动作电压误差：不大于整定值的 2.5%或 $0.01U_n$ ；
- d) 动作时间误差：在电压 1.2 倍整定值时不大于时限定值的 1%或 40 ms。

4.7.5.5.5 失压保护

失压保护应满足如下要求：

- a) 电压整定范围：10 V～100 V；
- b) 时限整定范围：0.00 s～60.00 s；
- c) 动作电压误差：不大于整定值的 2.5%或 $0.01U_n$ ；
- d) 动作时间误差：在电压 0.7 倍整定值时不大于时限定值的 1%或 40 ms。

4.7.5.5.6 差电压保护

差电压保护应满足如下要求：

- a) 电压整定范围：0.1 V～100 V；
- b) 时限整定范围：0.00 s～60.00 s；
- c) 动作电压误差：不大于整定值的 2.5%或 $0.01U_n$ ；
- d) 动作时间误差：在差电压 1.2 倍整定值时不大于时限定值的 1%或 40 ms。

4.7.5.5.7 差电流保护

差电流保护应满足如下要求：

- a) 电流整定范围： $0.1I_n \sim 20I_n$ ；
- b) 时限整定范围：0.00 s～60.00 s；
- c) 动作电流误差：不大于整定值的 2.5%或 $0.02I_n$ ；
- d) 动作时间误差：在差电流 1.2 倍整定值时不大于时限定值的 1%或 40 ms。

4.7.5.6 动力变压器保护装置

4.7.5.6.1 电流速断保护

电流速断保护应满足如下要求：

- a) 电流整定范围： $0.1I_n \sim 20I_n$ ；
- b) 时限整定范围：0.00 s～10.00 s；
- c) 动作电流误差：不大于整定值的 2.5%或 $0.02I_n$ ；
- d) 动作时间误差：在电流 1.2 倍整定值时不大于时限定值的 1%或 40 ms。

4.7.5.6.2 过电流保护

过电流保护应满足如下要求：

- a) 电流整定范围： $0.1I_n \sim 20I_n$ ；
- b) 时限整定范围：0.00 s～10.00 s；
- c) 动作电流误差：不大于整定值的 2.5%或 $0.02I_n$ ；

d) 动作时间误差：在电流 1.2 倍整定值时不大于时限定值的 1%或 40 ms。

4.7.5.6.3 二次谐波闭锁

二次谐波闭锁应满足：谐波含量定值为0.05~0.30，允许偏差±0.02。

4.7.5.6.4 失压保护

失压保护应满足如下要求：

- a) 动作电压整定范围：10 V~100 V；
- b) 时限整定范围：0.00 s~10.00 s；
- c) 动作电压误差：不大于整定值的 2.5%或 $0.01U_n$ ；
- d) 动作时间误差：在电压 0.7 倍整定值时不大于时限定值的 1%或 40 ms。

4.7.5.6.5 过负荷保护

过负荷保护应满足如下要求：

- a) 动作电流整定范围： $0.1I_n \sim 20I_n$ ；
- b) 时限整定范围：0.00 s~600.00 s；
- c) 动作电流误差：不大于整定值的 2.5%或 $0.02I_n$ ；
- d) 动作时间误差：
 - 1) 采用定时限在电流 1.2 倍整定值时不大于时限定值的 1%或 40 ms；
 - 2) 采用反时限在 $1.2 < I/I_{dz} < 10$ 时不大于时限定值的 5%或 40 ms。

4.7.5.6.6 非电量保护

非电量保护应满足如下要求：

- a) 装置应具有非电量跳闸信号接入并启动跳闸的功能；
- b) 非电量跳闸回路应满足以下要求：
 - 1) 回路启动功率不低于 5 W；
 - 2) 回路的启动电压值不应大于 0.7 倍额定电压值，且不应小于 0.55 倍额定电压值；
 - 3) 回路在额定直流电源电压下的动作时间为 10 ms~35 ms；

4.7.5.7 自耦变压器保护测控装置

4.7.5.7.1 差动速断保护

差动速断保护应满足如下要求：

- a) 电流整定范围： $0.1I_n \sim 20I_n$ ；
- b) 动作电流误差：不大于整定值的 5%或 $0.02I_n$ ；
- c) 动作时间误差：在差动电流 1.5 倍整定值时，动作时间不大于 30 ms。

4.7.5.7.2 比率差动保护

比率差动保护应满足如下要求：

- a) 动作电流整定范围： $0.1I_n \sim 20I_n$ ；
- b) 1 段制动电流整定范围： $0.1I_n \sim 4I_n$ ；
- c) 2 段制动电流整定范围： $0.1I_n \sim 10I_n$ ；
- d) 比率制动系数：0.1~0.8；
- e) 动作电流误差：不大于整定值的 5%或 $0.02I_n$ ；
- f) 动作时间误差：在差动电流 2 倍整定值时，动作时间不大于 30 ms。

4.7.5.7.3 二次谐波闭锁

二次谐波闭锁应满足：谐波含量定值为0.05~0.80，允许偏差±0.02。

4.7.5.7.4 失压保护

失压保护应满足如下要求：

- a) 动作电压整定范围：10 V～100 V；
- b) 时限整定范围：0.10 s～10.00 s；
- c) 动作电压误差：不大于整定值的 2.5%或 $0.01U_n$ ；
- d) 动作时间误差：在电压 0.7 倍整定值时不大于时限定值的 1%或 40 ms。

4.7.5.7.5 检有压重合闸

检有压重合闸应满足如下要求：

- a) 重合闸复归时限整定范围：5.00 s～60.00 s；
- b) 重合闸时限整定范围：1.00 s～10.00 s；
- c) 检有压电压整定范围：50 V～100 V；
- d) 动作时间误差：不大于时限定值的 1%或 40 ms。

4.7.5.7.6 备自投

备自投功能应满足如下要求：

- a) 具备自耦变压器故障备自投和检有压重合闸失败备自投功能，备自投功能由两台装置配合完成；
- b) 自耦变压器故障启动备自投的条件是差动保护或非电量保护已可靠动作，且并联开关不在分位；
- c) 检有压重合闸失败启动备自投的条件是失压跳闸前 2 s 内检测到并联开关处于合位，重合闸时限到时本侧电压判据不满足；
- d) 备自投动作的条件是检测到启动备自投开入且备自投已就绪，备自投就绪判断条件为：备自投软压板及硬压板均投入、自耦变压器接入开关处于分位、自耦变压器故障信号已复归，若装置投入了失压保护，还应检测本侧线路有压；
- e) 由自耦变压器故障引起的备自投动作后，故障自耦变压器对应的装置应在当地或远方复归后才能再次动作；
- f) 备自投分合闸操作不应受保护测控屏柜远方/当地转换开关的闭锁。

4.7.5.7.7 非电量保护

非电量保护应满足如下要求：

- a) 装置应具有非电量跳闸信号接入并启动跳闸的功能；
- b) 非电量跳闸回路应满足以下要求：
 - 1) 回路启动功率不低于 5 W；
 - 2) 回路的启动电压值不应大于 0.7 倍额定电压值，且不应小于 0.55 倍额定电压值；
 - 3) 回路在额定直流电源电压下的动作时间为 10 ms～35 ms。

4.7.5.7.8 过负荷保护

过负荷保护应满足如下要求：

- a) 电流整定范围： $0.1I_n \sim 20I_n$ ；
- b) 动作延时整定范围：0.10 s～600.00 s；
- c) 动作电流误差：不大于整定值的 2.5%或 $0.02I_n$ ；
- d) 动作时间误差：在电流 1.2 倍整定值时不大于时限定值的 1%或 40 ms。

4.7.5.8 故障测距装置

4.7.5.8.1 装置测距应适用于不同运行方式下发生的各种类型故障，运行方式有：

- a) 全并联 AT 供电方式；
- b) 全并联直供方式；
- c) 单线 AT 供电方式；
- d) 单线直供方式；
- e) 末端并联直供方式；
- f) 末端并联 AT 所退出的 AT 供电方式；
- g) 末端并联 AT 所分开的 AT 供电方式；
- h) AT 所并联分区所退出的 AT 供电方式；

- i) 变电所馈线断路器 1 带 2 的 AT 供电方式;
- j) 单侧 AT 供电, 经分区所直供迂回到变电所;
- k) AT 所、分区所并联, 经 AT 所直供迂回到变电所;
- l) 全并联越区 AT 供电方式 (最末端为直供);
- m) 全并联越区直供方式;
- n) I 型单线越区 AT 供电方式 (最末端为直供);
- o) I 型单线越区直供方式;
- p) II 型正常供电区段全并联 AT、越区段单线 AT 供电方式 (最末端为直供);
- q) II 型正常供电区段全并联 AT、越区段单线直供。

4.7.5.8.2 故障测距装置应采用以供电臂为单元的方式配置, 应能选择供电臂上的所亭数量。

4.7.5.8.3 装置故障测距应支持线路故障时自启动, 并支持外部开入启动。自启动的判据宜采用过电流保护、距离保护、电流增量、电压突变等保护启动判据。

4.7.5.8.4 装置应具有手动召唤测距功能。该功能可手动召唤同一供电臂各所亭的测距装置数据, 检查各装置工作状态和测距通道状况, 生成测距报告。

4.7.5.8.5 装置应具备吸上电流比、电抗法、上下行电流比和横联线电流比等原理的测距功能, 应根据不同的系统运行方式和线路故障情况自动选择合适的测距原理进行测距。

4.7.5.8.6 装置应提供测距通信接口, 支持采用专用测距通道或复用其它通道的通信模式。

4.7.5.8.7 对于采用对时方式来同步多台测距装置数据的测距系统, 当装置所在所亭处于特殊的地理位置 (比如隧道内) 无法安装对时天线时, 装置应满足测距要求。

4.7.5.8.8 故障测距通道故障时, 装置测距报告能保存。测距通道恢复后, 报告应能重新上送至牵引变电所, 并生成故障测距报告。

4.7.5.8.9 金属性故障测距误差不超过 500 m。

4.7.5.8.10 距离保护启动

距离保护启动应满足如下要求:

- a) 阻抗整定范围: 应能满足牵引供电线路的要求, 其整定范围: $0.5\ \Omega \sim 800\ \Omega$;
- b) 时限整定范围: $0.00\ \text{s} \sim 10.00\ \text{s}$;
- c) 动作阻抗误差: 不大于整定值的 5% 或 $0.02\ \Omega$;
- d) 动作时间误差: 在阻抗 0.7 倍整定值时不大于时限定值的 1% 或 40 ms。

4.7.5.8.11 过电流保护启动

过电流保护启动应满足如下要求:

- a) 电压整定范围: $2\ \text{V} \sim 100\ \text{V}$;
- b) 电流整定范围: $0.1I_n \sim 20I_n$;
- c) 时限整定范围: $0.00\ \text{s} \sim 10.00\ \text{s}$;
- d) 动作电流误差: 不大于整定值的 2.5% 或 $0.02I_n$;
- e) 动作电压误差: 不大于整定值的 2.5% 或 $0.01U_n$;
- f) 动作时间误差: 在电流 1.2 倍整定值、电压 0.7 倍整定值时不大于时限定值的 1% 或 40 ms。

4.7.5.8.12 电压突变启动

电压突变启动应满足如下要求:

- a) 电压整定范围: $10\ \text{V} \sim 100\ \text{V}$;
- b) 时限整定范围: $0.10\ \text{s} \sim 10.00\ \text{s}$;
- c) 动作电压误差: 不大于整定值的 2.5% 或 $0.01U_n$;
- d) 动作时间误差: 在电压 0.7 倍整定值时不大于时限定值的 1% 或 40 ms。

4.7.5.8.13 电流增量保护启动

电流增量保护启动应满足如下要求:

- a) 电流整定范围: $0.1I_n \sim 20I_n$;
- b) 时限整定范围: $0.00\ \text{s} \sim 10.00\ \text{s}$;

- c) 动作电流误差：不大于整定值的 2.5%或 $0.02I_n$ ；
- d) 动作时间误差：在电流 1.2 倍整定值时不大于时限定值的 1%或 40 ms。

4.8 装置及组屏要求

4.8.1 间隔层保护测控装置箱体外形尺寸宜符合如下要求：

- a) 嵌入柜内箱体高 H_1 宜在 262 mm~266.5 mm 范围内；
- b) 嵌入柜内箱体宽 W_1 宜在 210 mm~225 mm 范围内；
- c) 嵌入柜内箱体深 D_1 （含连接器）不超过 230 mm；
- d) 突出安装前面板高 H_2 宜在 262 mm~270 mm 范围内；
- e) 突出安装前面板宽 W_2 宜在 250 mm~264 mm 范围内；
- f) 突出安装前面板深 D_2 不超过 40 mm；

4.8.2 间隔层保护测控装置安装方式及安装尺寸应满足如下要求：

- a) 采用左右两侧安装固定方式，安装螺栓直径为 M6；
- b) 嵌入安装时，单台装置开孔尺寸应满足以下要求：
 - 1) 开孔尺寸：267 mm（高）×226 mm（宽）；
 - 2) 固定孔：孔径 6.8 mm×10 mm，水平方向中心孔距为 241.5 mm，垂直方向中心孔距为 190.5 mm。

4.8.3 组屏屏柜满足如下要求：

- a) 综自系统设备屏柜外形尺寸宜采用 2360 mm×800 mm×600 mm、2360 mm×800 mm×700 mm 或 2360 mm×800 mm×800 mm（高×宽×深，高度中包含 60 mm 眉头）；
- b) 屏柜结构为屏柜前后开门、垂直自立、柜门内嵌式的柜式结构，前门宜为钢化玻璃门，不应遮挡屏柜各信号指示，以便清楚地观察液晶显示及指示信号，正视柜体转轴在左边，门把手在右边；
- c) 屏柜在喷漆前应进行防锈处理，使用耐久性的桔纹无眩光漆；
- d) 屏柜表面不应有影响质量和外观的凹凸、擦伤、毛刺、碰伤、沟痕、锈蚀等缺陷；
- e) 综自系统设备柜体颜色宜统一采用 RAL7035；
- f) 屏内所安装的装置、元器件应排列整齐、层次分明、便于维修和拆装；
- g) 屏上的设备回路以安装回路划分，以被控一次设备安排安装单位，一台一次设备对应一个安装单位，每个安装单位的控制电源应由盘上的双极直流自动开关控制；
- h) 屏前、屏后的上方应有屏名，屏上电气设备应有名称，屏后应有各设备原理图的符号；
- i) 屏内用于计量回路中的配线电流回路截面积应为 6 mm^2 ，电压回路截面积应为 4 mm^2 。其他回路中的配线电流回路截面积为 2.5 mm^2 ，电源、控制、信号回路截面积不应低于 1.5 mm^2 。采用乙烯树脂绝缘电线或性能相同的产品，铜芯，可动部分过渡应柔软，并能承受绕曲而不致疲劳损伤，屏内配线应有线号。各屏都应装设 2 根接地母排和接地螺栓，一根接地母排与屏体相连用于设备接地，保护测控装置接地线均接到该母排上，一根接地母排与屏体绝缘用于保护接地。铜接地母排的截面积不应小于 $(25\times4)\text{ mm}^2$ ；
- j) 屏内接地线采用黄绿双色线，其他配线颜色为灰色，不同功能配线用套管颜色进行区分；
- k) 屏柜内导线的接线端应有识别标记，导线标记两端都应标识对端编号。本端和对端编号应与接线图相一致；标记字面朝柜外方向，字码方向一致、清楚；
- l) 屏体应采用高强度全封闭柜式结构，防护等级不低于 IP30，端子排不低于 IP20；
- m) 屏内的旋钮、控制开关、转换开关、按钮等操作和调整件，应操作灵活，不得有卡死、松动和接触不良等现象；
- n) 设备操作部件高度设置应易于操作；
- o) 屏的外观、结构要求应符合 DL/T 720—2013 中 4.3 的规定，屏的配线、元器件及附件要求应符合 DL/T 720—2013 中 4.4 的规定；
- p) 屏上配置一次设备主接线模拟线条，能够显示断路器和隔离开关的连接关系；
- q) 每台测控装置应设置远方/当地转换开关，转换开关在远方位则通过接点导通操作电源，可遥控开关；转换开关在当地位则通过接点切断操作电源，闭锁遥控功能；

- r) 断路器及需要的电动隔离开关均应设置屏控功能，可通过万能转换开关、带灯分合闸按钮实现分、合闸操作并监视开关状态，红灯表示开关在合位，绿灯表示开关在分位；
- s) 所内重要的联动、闭锁功能应由硬线接线实现；
- t) 每台设备下应设置标签框，用于表示设备名称；
- u) 电线、电缆、光缆及其防护材料应采用阻燃型；
- v) 屏柜采用的螺丝端子应具有防锈蚀性能。

4.8.4 组屏布置要求

4.8.4.1 基本要求

站控层设备、牵引变压器保护测控装置宜集中组屏布置，其他间隔层保护测控装置可采用集中组屏布置或分散布置到各个开关柜。集中组屏安装在主控制室，应按主要功能设置不同的屏，各屏柜的排布应按照系统主接线模式布置。

4.8.4.2 直流电源

直流电源经过直流空气开关后接至屏顶控制小母线。设置牵引变压器（主变）双重化保护的牵引变电所控制小母线分为三段，一套主变保护测控屏设置一段小母线，二套主变保护测控屏、监控屏共用设置一段小母线，馈线保护测控屏与剩余屏共用一段小母线；未设置牵引变压器（主变）双重化的牵引变电所控制小母线分为两段，主变保护测控屏、监控屏共用一段小母线，馈线保护测控屏与剩余屏共用一段小母线。每段小母线均设置2路进线电源，通过直流空气开关引至所内直流电源屏。

4.9 过载能力

过载能力应满足如下要求：

- a) 保护用交流电流回路：
 - 1) 2 倍额定电流，连续工作；
 - 2) 40 倍额定电流，允许 1 s。
- b) 测量用交流电流回路：
 - 1) 2 倍额定电流，连续工作；
 - 2) 20 倍额定电流，允许 1 s。
- c) 交流电压回路：
 - 1) 1.4 倍额定电压，连续工作；
 - 2) 2 倍额定电压，允许 10 s。

装置经上述短时耐热极限值试验后，应无绝缘损坏，并符4.5、4.6、4.7、4.8、4.10的规定。

4.10 绝缘性能

4.10.1 绝缘电阻

在4.1.2规定的正常试验大气条件下，用开路电压为直流500 V的测试仪器测量装置各回路之间的绝缘电阻，符合以下规定：

- a) 各独立电路与地(即金属外壳)之间的绝缘电阻不应小于 100 M Ω ；
- b) 无电气联系的各导电回路之间的绝缘电阻不应小于 100 M Ω 。

4.10.2 介质强度

介质强度应满足如下要求：

- a) 在 4.1.2 规定的正常试验大气条件下，装置应能承受频率为 50 Hz \pm 5 Hz 交流正弦波，历时 1min 的工频耐压试验而无击穿闪络及元件损坏现象；
- b) 工频交流试验电压值按表 2 进行选择；
- c) 在 4.1.2 规定的正常试验大气条件下，装置的直流输入回路、交流输入回路、信号输出触点等各回路对地，以及电气上无联系的各回路之间，应能承受 1.2/50 μ s 的标准雷电波的短时冲击电压。当额定绝缘电压大于 63 V 时，开路试验电压为 5 kV；当额定绝缘电压不大于 63 V

时，开路试验电压为 1 kV。试验后，装置应无绝缘损坏，装置性能应符合 4.5、4.6、4.7 的规定。

表2 各回路试验电压要求

单位为伏特

序号	被试回路	额定绝缘电压	试验电压
1	整机引出端子和背板线——地	>63~250	2000
2	直流输入回路 ^a ——地	>63~250	2000
		≤63	500
3	交流输入回路 ^a ——地	>63~250	2000
4	信号输出触点 ^a ——地	>63~250	2000
5	无电气联系的各回路 ^a ——之间	>63~250	2000
		≤63	500
6	整机外引带电部分 ^a ——地	≤63	500
^a 指引至装置端子的回路和接线。			

4.10.3 电气间隙和爬电距离

装置接线端子的电气绝缘应满足GB/T 14598.27—2017中表C.10所规定的电气间隙和爬电距离的要求。

4.10.4 保护联结阻抗

装置机壳外露可导电部分与装置接地端子之间的电阻不应超过0.1 Ω。

4.11 耐湿热性能

4.11.1 一般要求

装置应具备耐受恒定湿热或交变湿热的能力，可根据试验条件和使用环境在以下两种方法中选择其中的一种。在完成湿热试验并在正常试验的大气条件下恢复2 h以后，装置的性能和外观应满足4.5、4.6、4.7、4.19的规定。

4.11.2 恒定湿热

装置应能承受GB/T 7261—2016中10.4规定的恒定湿热试验。试验温度为+40℃±2℃，相对湿度为(93±3)%，试验持续时间48 h。在试验结束前2 h内，对试验箱内的装置进行绝缘电阻测量和介质强度试验。要求绝缘电阻值不应小于1.5 MΩ，介质强度试验电压不低于规定值的75%。

4.11.3 交变湿热

装置应能承受GB/T 7261—2016中10.5规定的交变湿热试验。试验温度为40℃±2℃，相对湿度为(93±3)%，试验持续时间为两周期，每一周期历时24 h。在试验结束前2 h内，对试验箱内的装置进行绝缘电阻测量和介质强度试验。要求绝缘电阻值不应小于1.5 MΩ，介质强度试验电压不应低于规定值的75%。

4.12 电磁兼容性能

4.12.1 慢速阻尼振荡波抗扰度

慢速阻尼振荡波抗扰度应满足如下要求：

- a) 继电保护和安全自动装置应能承受 GB/T 17626.18—2016 中表 1 规定的试验等级为 3 级的慢速阻尼振荡波抗扰度试验。试验期间及试验后，装置的功能应符合 GB/T 14598.26—2015 中 8.2 的规定；
- b) 通信管理装置应能承受 GB/T 13729—2019 中 5.7.1 规定的试验等级为 3 级的高频干扰试验。试验期间及试验后，装置功能应满足 4.5.2 的要求。

4.12.2 静电放电抗扰度

静电放电抗扰度应满足如下要求：

- a) 继电保护和安全自动装置应能承受 GB/T 17626.2—2018 中表 1 规定的试验等级为 4 级的静电放电抗扰度试验。试验期间及试验后，装置的功能应符合 GB/T 14598.26—2015 中 8.2 的规定；
- b) 通信管理装置应能承受 GB/T 13729—2019 中 5.7.4 规定的试验等级为 3 级的静电放电抗扰度试验。试验期间及试验后，装置功能应满足 4.5.2 的要求。

4.12.3 射频电磁场辐射抗扰度

辐射电磁场抗扰度应满足如下要求：

- a) 继电保护和安全自动装置应能承受 GB/T 17626.3—2023 中表 1 规定的试验等级为 4 级的射频电磁场辐射抗扰度试验。试验期间及试验后，装置的功能应符合 GB/T 14598.26—2015 中 8.2 的规定；
- b) 通信管理装置应能承受 GB/T 15153.1—2024 表 14 中规定的试验等级为 3 级的射频电磁场辐射抗扰度试验。试验期间及试验后，装置功能应满足 4.5.2 的要求。对于工频交流模拟量，因辐射电磁场干扰引起的改变量不应大于准确等级指数的 100%。

4.12.4 电快速瞬变脉冲群抗扰度

电快速瞬变脉冲群抗扰度应满足如下要求：

- a) 继电保护和安全自动装置应能承受 GB/T 17626.4—2018 中表 1 规定的试验等级为 4 级的电快速瞬变脉冲群抗扰度试验。试验期间及试验后，装置的功能应符合 GB/T 14598.26—2015 中 8.2 的规定；
- b) 通信管理装置应能承受 GB/T 13729—2019 中 5.7.2 规定的试验等级为 4 级的电快速瞬变脉冲群抗扰度试验。试验期间及试验后，装置功能应满足 4.5.2 的要求。

4.12.5 浪涌(冲击)抗扰度

浪涌(冲击)抗扰度应满足如下要求：

- a) 继电保护和安全自动装置应能承受 GB/T 17626.5—2019 中表 1 规定的试验等级为 4 级的浪涌(冲击)抗扰度试验。试验期间及试验后，装置的功能应符合 GB/T 14598.26—2015 中 8.2 的规定；
- b) 通信管理装置应能承受 GB/T 13729—2019 中 5.7.3 规定的试验等级为 4 级，波形为 1.2/50 μ s 和 8/20 μ s 的浪涌(冲击)抗扰度试验。试验期间及试验后，装置功能应满足 4.5.2 的要求。

4.12.6 承受直流电源电压中断、突降的能力

承受回流电源电压中断、突降的能力应满足如下要求：

- a) 继电保护和安全自动装置应能承受 GB/T 14598.26—2015 中第 6 章规定的试验等级为 0%剩余电压、持续时间最少为 50 ms 的交流和直流电压暂降及交流和直流电压中断试验。直流电源接通或断开时，装置不应以错误方式改变其输出状态。直流电源中断影响期间装置的以下性能应符合 4.7 的规定：
 - 1) 动作值准确度；
 - 2) 动作时间；
 - 3) 返回性能。
- b) 通信管理装置应能承受 GB/T 15153.1—2024 表 17 中规定的试验等级为 0%剩余电压、持续时间最少为 50 ms 的电压暂降抗扰度试验。试验期间及试验后，装置功能应满足 4.5.2 的要求。

4.12.7 电磁发射限值

继电保护和安全自动装置应符合 GB/T 14598.26—2015 中 5.1 规定的传导发射限值和 5.2 规定的辐射发射限值。

4.12.8 工频磁场抗扰度

继电保护和安全自动装置应能承受GB/T 17626.8—2006中表1及表2规定的试验等级为5级的工频磁场抗扰度试验。试验期间及试验后，装置的功能应符合GB/T 14598.26—2015中8.2的规定。

4.12.9 阻尼振荡磁场抗扰度

继电保护和安全自动装置应能承受GB/T 17626.10—2017中表1规定的试验等级为5级的阻尼振荡磁场抗扰度试验。试验期间及试验后，装置的功能应符合GB/T 14598.26—2015中8.2的规定。

4.12.10 脉冲磁场抗扰度

继电保护和安全自动装置应能承受GB/T 17626.9—2011中表1规定的试验等级为5级的脉冲磁场抗扰度试验。试验期间及试验后，装置的功能应符合GB/T 14598.26—2015中8.2的规定。

4.12.11 射频场感应的传导骚扰抗扰度

继电保护和安全自动装置应能承受GB/T 17626.6—2017中表1规定的试验等级为3级的射频场感应的传导骚扰抗扰度试验。试验期间及试验后，装置的功能应符合GB/T 14598.26—2015中8.2的规定。

4.12.12 工频抗扰度

继电保护和安全自动装置应能承受GB/T 14598.26—2015中表6规定的工频抗扰度试验。试验期间及试验后，装置的功能应符合GB/T 14598.26—2015中8.2的规定。

4.13 直流电源变化影响

直流电源变化影响应满足如下要求：

- a) 直流电源分别为4.2.1 b)规定的极限参数时，装置应可靠工作，性能及参数应符合4.5、4.6、4.7的规定；
- b) 装置加上电源、断电、电源电压缓慢上升或缓慢下降，装置均不应误动作或误发信号。当电源恢复正常后，装置应自动恢复正常运行。

4.14 继电保护和安全自动装置功能整组模拟

应设置典型的功能方案，对装置进行功能模拟试验。在各种模拟情况下，装置动作行为应正确，扰动信息记录，如信号指示、事件记录和录波数据等应正确。试验结果应符合4.7的规定。

装置通过4.7各项试验后，应在牵引供电动态模拟系统上进行整组保护试验，考核装置主保护及主要后备保护的全部性能。进行的故障模拟项目如下：

- a) 馈线保护装置应满足如下要求：
 - 1) 区内外金属性故障时的动作行为；
 - 2) 区内外经过渡电阻短路时的动作行为；
 - 3) 牵引网带故障合闸的动作行为；
 - 4) 对AT供电牵引网，T线或F线接地发展成TF接地的动作行为；
 - 5) 系统频率偏移时的动作行为；
 - 6) 电流互感器饱和时的动作行为；
 - 7) 电压回路断线时的动作行为；
 - 8) 断路器失灵时的动作行为；
 - 9) 电力机车/动车组不同工况时的动作行为；
 - 10) 电力机车/动车组闯电分相时的动作行为。
- b) 牵引变压器保护装置应满足如下要求：
 - 1) 变压器空投时的动作行为；
 - 2) 区内外金属性短路时的动作行为；
 - 3) 匝间短路时的动作行为；
 - 4) 经过渡电阻短路时的动作行为；
 - 5) 发展性故障时的动作行为；
 - 6) 断路器失灵时的动作行为；
 - 7) 变压器分接头调整时的动作行为；

- 8) 电流互感器饱和时的动作行为;
 - 9) 电压互感器断线时的动作行为;
 - 10) 间歇性故障时的动作行为;
 - 11) 和应涌流时的动作行为;
 - 12) 恢复性涌流时的动作行为;
 - 13) 系统频率偏移时的动作行为;
 - 14) 变压器过励磁时的动作行为 (只对 330 kV 及以上变压器变压器);
 - 15) 电源缺相和失压时的动作行为。
- c) 自耦变压器保护装置应满足如下要求:
- 1) 变压器空投时的动作行为;
 - 2) 区内外金属性短路时的动作行为;
 - 3) 匝间短路时的动作行为;
 - 4) 经过渡电阻短路时的动作行为;
 - 5) 发展性故障时的动作行为;
 - 6) 断路器失灵时的动作行为;
 - 7) 电流互感器饱和时的动作行为;
 - 8) 电压互感器断线时的动作行为;
 - 9) 和应涌流时的动作行为;
 - 10) 恢复性涌流时的动作行为;
 - 11) 系统频率偏移时的动作行为。
- d) 并联补偿电容器保护装置应满足如下要求:
- 1) 区内外金属性故障时的动作行为;
 - 2) 区内外经过渡电阻短路时的动作行为;
 - 3) 并联补偿电容器投入、退出时的动作行为;
 - 4) 系统频率偏移时的动作行为;
 - 5) 电流互感器饱和时的动作行为;
 - 6) 电压回路断线时的动作行为;
 - 7) 断路器失灵时的动作行为
 - 8) 电力机车/动车组不同工况时的动作行为。
- e) 备自投装置应满足如下要求:
- 1) 进线缺相或失压时的动作行为;
 - 2) 变压器故障时的动作行为;
 - 3) 逻辑过程中开关拒动时的动作行为。
- f) 故障测距装置在下列运行方式短路时的测距误差应满足如下要求:
- 1) 全并联 AT 供电方式;
 - 2) 全并联直供方式;
 - 3) 单线 AT 供电方式;
 - 4) 单线直供方式;
 - 5) 末端并联直供方式;
 - 6) 末端并联 AT 所退出的 AT 供电方式;
 - 7) 末端并联 AT 所分开的 AT 供电方式;
 - 8) AT 所并联分区所退出的 AT 供电方式;
 - 9) 变电所馈线断路器 1 带 2 的 AT 供电方式;
 - 10) 单侧 AT 供电, 经分区所直供迂回到变电所;
 - 11) AT 所、分区所并联, 经 AT 所直供迂回到变电所;
 - 12) 全并联越区 AT 供电方式 (最末端为直供);
 - 13) 全并联越区直供方式;
 - 14) I 型单线越区 AT 供电方式 (最末端为直供);
 - 15) I 型单线越区直供方式;

- 16) II型正常供电区段全并联AT、越区段单线AT供电方式（最末端为直供）；
- 17) II型正常供电区段全并联AT、越区段单线直供。

4.15 当地监控系统功能整组模拟

当地监控系统功能的整组模拟应满足如下要求：

- a) 数据采集与处理测试；
- b) 信号监视及处理功能测试；
- c) 报警处理测试；
- d) 控制功能测试；
- e) 继保工程师站功能测试；
- f) 用户管理功能测试；
- g) 在线统计计算测试；
- h) 画面显示和打印测试；
- i) 数据存储功能测试；
- j) 系统自诊断和自恢复测试；
- k) 维护功能测试；
- l) CPU 负荷测试。

4.16 通信管理装置功能整组模拟

通信管理装置功能的整组模拟应满足如下要求：

- a) 基本功能模拟测试：
 - 1) 三遥和故障报告功能测试；
 - 2) 定值和录波召唤功能测试；
 - 3) 自诊断、自恢复功能测试；
 - 4) 双机热备切换功能测试；
 - 5) IRIG-B 对时及 SNTP 对时测试；
- b) 双调度模拟测试；
- c) 检修状态功能测试；
- d) 通信接口测试；
- e) 音响及音响复归测试；
- f) 通信网络负荷率测试。

4.17 连续通电

装置完成调试后，出厂前应进行不少于常温100 h或+40℃、72 h或+50℃、48 h的连续通电试验。试验期间，装置工作应正常，信号指示应正确，应无元器件损坏，或其他异常情况出现。试验结束后，性能指标应符合4.5、4.6、4.7的规定。

4.18 机械性能

4.18.1 振动(正弦)

4.18.1.1 承受振动响应能力

装置应能承受GB/T 11287—2000中3.2.1规定的严酷等级为I级的振动响应试验，试验期间及试验后，装置性能应符合GB/T 11287—2000中5.1的规定。

4.18.1.2 承受振动耐久能力

装置应能承受GB/T 11287—2000中3.2.2规定的严酷等级为I级的振动耐久试验，试验期间及试验后，装置性能应符合GB/T 11287—2000中5.2的规定。

4.18.2 冲击

4.18.2.1 承受冲击响应能力

装置应能承受GB/T 14537—1993中4.2.1规定的严酷等级为 I 级的冲击响应试验，试验期间及试验后，装置性能应符合GB/T 14537—1993中5.1的规定。

4.18.2.2 承受冲击耐久能力

装置应能承受GB/T 14537—1993中4.2.2规定的严酷等级为 I 级的冲击耐久试验，试验期间及试验后，装置性能应符合GB/T 14537—1993中5.2的规定。

4.18.2.3 碰撞

装置应能承受GB/T 14537—1993中4.3规定的严酷等级为 I 级的碰撞试验，试验期间及试验后，装置性能应符合GB/T 14537—1993中5.2的规定。

4.19 结构、外观及安全标志

结构、外观及安全标志按下列要求：

- a) 装置结构应采取必要的电磁兼容措施。装置的不带电金属部分应在电气上连成一体，并具备可靠接地点，接地点设置于装置背部的右下角，接地端子使用 U 形接线（接地螺栓直径为 4 mm），端子处应有明显的接地符号标识（⊕）；
- b) 金属结构件应有防腐蚀措施，应满足发热元件的散热要求。装置运行时箱内温度均匀，具有防止凝露产生的相关措施；
- c) 机箱模件应拔插灵活，接触可靠，互换性好；
- d) 机箱表面应平整、清洁、无划痕，紧固件无松动、脱落、锈蚀以及变形现象；
- e) 机箱表面的涂覆层的颜色均匀一致，无明显的色差和眩光。涂覆层表面无砂粒、起绉、流痕等缺陷；
- f) 装置应提供机械危险防护，机械结构应符合 GB/T 14598.27—2017 中 6.1 的规定；
- g) 装置应有安全标志。安全标志应符合 GB/T 14598.27—2017 中 9.1 的规定。

4.20 外壳防护(IP 代码)

外壳防护(IP代码)按下列要求：

- a) 装置应有外壳防护，防护等级按照 GB/T 4208—2017 中 4.2 的规定，并不应低于如下要求：
 - 1) 面板：IP40；
 - 2) 背板：IP20；
 - 3) 侧板：IP30；
 - 4) 上下底板：IP30。
- b) 外壳防护等级的标志，应标记在产品的铭牌或外壳上，或在产品说明书上明示。

5 试验方法

5.1 试验条件

5.1.1 试验大气条件及环境

试验大气条件及环境按下列要求：

- a) 除另有规定外，各项试验均在 4.1.2 规定的正常试验大气条件下进行；
- b) 除另有规定外，周围环境应符合 4.1.5 规定要求；
- c) 被试验装置和测试仪表必须良好接地。

5.1.2 试验用设备及仪表及其准确度等级

试验用设备及仪表及其准确度等级按下列要求：

- a) 准确度等级应符合 GB/T 7261—2016 中 4.3 要求的继电保护试验设备；
- b) 设备及仪表符合 GB/T 13729—2019 中 6.2.1、6.2.2 的要求。

5.2 温度影响试验

5.2.1 继电保护和安全自动装置功能

按GB/T 7261—2016中10.1.2的规定进行低温试验，按GB/T 7261—2016中10.1.1的规定进行高温试验。

5.2.2 通信管理装置功能

按GB/T 13729—2019中6.3的规定进行低温试验，按GB/T 13729—2019中6.4的规定进行高温试验。

5.3 储存、运输的极限环境温度试验

装置不包装，不施加激励量。先按GB/T 7261—2016中10.2.2规定的试验程序和试验方法进行最低储存温度试验，在-40℃时储存16 h，在室温下恢复2 h后，再按GB/T 7261—2016中10.2.1规定的试验程序和试验方法进行最高储存温度试验，在+70℃时储存16 h，在室温下恢复2 h后，检查间隔层装置是否满足4.7的规定，检查通信管理装置是否满足4.5.2的规定。

5.4 功率消耗试验

按GB/T 7261—2016中第8章的规定和方法，对装置进行功率消耗试验。

5.5 功能及技术性能试验

按GB/T 7261—2016中第6章的规定和方法，对继电保护和安全自动装置装置进行保护功能、安全自动功能、故障测距功能、控制功能及测量功能静态模拟试验。

5.6 过载能力试验

按GB/T 7261—2016中第15章的规定和方法，对装置进行过载能力试验；

5.7 绝缘性能试验

绝缘性能试验方法如下：

- 按GB/T 7261—2016中第13章的规定和方法，分别进行绝缘电阻测量、介质强度及冲击电压试验；
- 按GB 4793.1—2007中附录C规定的方法，测量装置接线端子的电气间隙和爬电距离；
- 按GB/T 14598.27—2017中10.6.4.5规定的方法进行保护联结阻抗试验。

5.8 耐湿热性能试验

5.8.1 恒定湿热试验

按GB/T 7261—2016中10.4的规定和方法，对装置进行恒定湿热试验。

5.8.2 交变湿热试验

按GB/T 7261—2016中10.5的规定和方法，对装置进行交变湿热试验。

5.9 电磁兼容性能试验

5.9.1 慢速阻尼振荡波抗扰度

慢速阻尼振荡波抗扰度试验方法如下：

- 按GB/T 14598.26—2015中7.2的规定和方法，对继电保护和安全自动装置进行慢速阻尼振荡波抗扰度试验；
- 按GB/T 13729—2019中6.8.1的规定和方法，对通信管理装置进行高频干扰抗扰度试验。

5.9.2 静电放电抗扰度试验

静电放电抗扰度试验方法如下：

- 按GB/T 14598.26—2015中7.2的规定和方法，对继电保护和安全自动装置进行静电放电抗扰度试验；
- 按GB/T 13729—2019中6.8.4的规定和方法，对通信管理装置进行静电放电抗扰度试验。

5.9.3 射频电磁场辐射抗扰度试验

辐射电磁场骚扰试验方法如下：

- a) 按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2 的规定和方法，对继电保护和安全自动装置进行射频电磁场辐射抗扰试验；
- b) 按 GB/T 15153.1—2024 中 5.3.2.3 规定的方法，对通信管理装置进行射频电磁场辐射抗扰试验。

5.9.4 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

电快速瞬变/脉冲群抗扰度试验方法如下：

- a) 按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2 的规定和方法，对继电保护和安全自动装置进行电快速瞬变脉冲群抗扰度试验；
- b) 按 GB/T 13729—2019 中 6.8.2 的规定和方法，对通信管理装置进行快速瞬变抗扰度试验。

5.9.5 浪涌(冲击)抗扰度试验

浪涌(冲击)抗扰度试验方法如下：

- a) 按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2 规定和方法，对继电保护和安全自动装置进行浪涌(冲击)抗扰度试验；
- b) 按 GB/T 13729—2019 中 6.8.3 的规定和方法，对通信管理装置进行浪涌(冲击)抗扰度试验。

5.9.6 直流电源电压中断、突降试验

直流电源电压中断、突降试验方法如下：

- a) 按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2 的规定和方法，对继电保护和安全自动装置进行直流电源暂降和电压中断影响试验；
- b) 按 GB/T 13729—2019 中 6.8.7 的规定和方法，对通信管理装置进行直流电源电压突降和电压中断影响试验。

5.9.7 电磁发射试验

按GB/T 14598.26—2015的规定和方法，对继电保护和安全自动装置进行电磁发射限值试验。

5.9.8 工频磁场抗扰度试验

按GB/T 14598.26—2015中7.2的规定和方法，对继电保护和安全自动装置进行工频磁场抗扰度试验。

5.9.9 阻尼振荡磁场抗扰度试验

按GB/T 14598.26—2015中7.2的规定和方法，对继电保护和安全自动装置进行阻尼振荡磁场抗扰度试验。

5.9.10 脉冲磁场抗扰度试验

按GB/T 14598.26—2015中7.2的规定和方法，对继电保护和安全自动装置进行脉冲磁场抗扰度试验。

5.9.11 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验

按GB/T 14598.26—2015中7.2的规定和方法，对继电保护和安全自动装置进行射频场感应的传导骚扰抗扰度试验。

5.9.12 工频抗扰度试验

按GB/T 14598.26—2015中7.2的规定和方法，对继电保护和安全自动装置进行工频抗扰度试验。

5.10 直流电源变化影响试验

按GB/T 7261—2016中11.1的规定和方法，对装置进行直流电源影响试验。

5.11 继电保护和安全自动装置功能整组模拟试验

装置通过5.6、5.7各项试验后，使用牵引供电动态模拟系统进行装置的整组功能试验。检查试验结果是否满足4.7的规定。

5.12 当地监控系统功能整组模拟试验

5.12.1 当地监控系统试验平台

试验平台采用星型通信网络，由被测当地监控系统与至少一套牵引变压器保护测控装置和一台馈线保护测控装置组成，间隔层时钟同步网络采用IRIG-B码定时，当地监控系统采用SNTP方式定时。

5.12.2 当地监控系统功能试验

5.12.2.1 数据采集与信号监视试验

将继电保护试验设备接入保护测控装置，模拟产生遥信、遥测、保护跳闸、告警信号，在当地监控系统检查数据采集与信号监视功能是否满足4.5.1.1的要求。

5.12.2.2 报警处理试验

将继电保护试验设备接入保护测控装置，模拟产生事故报警和预告报警信号，在当地监控系统检查报警处理功能是否满足4.5.1.2的要求。

5.12.2.3 信息管理试验

在当地监控系统对报警信息进行确认、打印、分类、存储、检索等信息管理试验，检查试验结果是否满足4.5.1.3的要求。

5.12.2.4 控制功能试验

在当地监控系统进行各种开关及其他可控设备的控制功能试验，试验内容包括单个开关的独立控制及成组开关的顺序控制，检查测控装置的输出是否正确，检查试验结果是否满足4.5.1.4的要求。

5.12.2.5 继电维护功能试验

在当地监控系统对保护测控装置的定值、软压板、控制字进行维护试验；将继电保护试验设备接入保护装置模拟产生保护跳闸，检查当地监控系统的故障报告、故障录波查询、读取、保存等功能是否满足4.5.1.5的要求。

5.12.2.6 报表功能试验

在当地监控系统进行报表功能试验，检查按每日(月、年)或自定义时间统计的报表试验结果是否满足4.5.1.6的要求。

5.12.2.7 画面显示和打印试验

查看当地监控系统的主接线图等各种画面，进行画面显示和打印试验，检查试验结果是否满足4.5.1.7的要求。

5.12.2.8 用户管理功能试验

进行以下用户管理功能试验，检查试验结果是否满足4.5.1.8的要求。

- a) 用不同级别的账户登录系统查看管理权限是否分级；
- b) 做开关遥控、定值修改等重要操作，查看是否需要输入操作口令后才能进行相应操作。

5.12.2.9 数据存储功能试验

查看系统采集的故障报告、保护事件、定值等数据是否存为计算机文件或存入数据库，是否能实现数据的备份或转储，检查试验结果是否满足4.5.1.9的要求。

5.12.2.10 自诊断和自恢复试验

进行以下当地监控系统的自诊断和自恢复试验，检查试验结果是否应满足4.5.1.10的要求。

- a) 将保护测控装置断电或断开网线，查看当地监控系统是否诊断出相应装置通信中断；
- b) 将当地监控计算机断电后再上电，查看当地监控系统是否自启动、重要数据是否不丢失。

5.12.2.11 系统维护试验

在当地监控系统增加一台保护测控装置，对系统数据库、系统功能模块、系统参数进行系统维护试验，检查试验结果是否满足4.5.1.11的要求。

5.12.2.12 人机界面要求试验

查看人机界面试验，包括画面总体布局、常用功能、监控区域主要内容、告警和事件显示等内容，检查试验结构是否满足4.5.1.12的要求。

5.12.2.13 时钟同步试验

分别通过通信管理装置接收的BDS卫星同步时钟进行软校时试验，通过远动通信设备接收调度时钟进行同步试验，检查试验结果是否满足4.5.1.13要求。

5.12.3 当地监控系统性能试验

5.12.3.1 性能指标试验

进行系统数据采集与信号监视、控制功能、继电保护功能试验，检查系统性能是否满足4.5.1.1、4.5.1.4、4.5.1.5的要求：

- a) 用继电保护试验设备对保护测控装置施加一路开关信号，记录从开关动作到当地监控系统观察到对应的遥信位变化的响应时间；
- b) 用继电保护试验设备对保护测控装置施加一个阶跃电压或电流信号，记录从施加阶跃信号到当地监控系统观察到对应的遥测信息变化的响应时间；
- c) 用继电保护试验设备对保护装置施加阶跃激励量产生保护跳闸与告警，记录从施加阶跃激励量到当地监控系统观察到对应的保护跳闸与告警的响应时间，再减去保护跳闸与告警的延时整定时间；
- d) 用继电保护试验设备对保护测控装置进行不少于100次的遥信变化试验；
- e) 在当地监控系统进行遥控操作时，记录从遥控命令发出到对应保护测控装置开出量变化的响应时间；
- f) 在当地监控系统对保护测控装置进行不少于100次的遥控操作试验；
- g) 在当地监控系统进行定值、软压板、控制字维护时，记录从维护命令发出到对应操作事件的产生时间。

5.12.3.2 CPU负载试验

进行CPU负载试验，检查当地监控计算机的一分钟CPU平均利用率是否满足4.5.1.14的要求。

5.13 通信管理装置功能整组模拟试验

5.13.1 通信管理装置试验平台

试验平台采用星型通信网络，由两台被试通信管理装置和至少一套牵引变压器保护测控装置和一台馈线保护测控装置组成，间隔层时钟同步网络采用IRIG-B码对时。

5.13.2 通信管理装置功能试验

进行以下通信管理装置功能试验，检查试验结果是否满足4.5.2的要求：

- a) 远动基本功能试验：接入模拟主站软件，配合保护测控装置，在模拟主站上检查三遥、故障报告等功能是否正确；在模拟主站上召唤定值和录波，检查上送的数据是否正确；通信管理装置断电或断开网线，检查装置的诊断恢复、双机切换功能是否正确；保护测控装置模拟B码消失，检查SNTP对时服务功能是否正确。
- b) 双调度试验：接入两个模拟主站软件，检查遥信遥测等功能是否正确。

- c) 检修状态功能测试：当某个保护装置位于检修态时，该装置的遥测、遥信（除检修状态）、故障报告等事件不应上送调度系统。模拟主站除了检修态遥信正常显示外，不应收到该装置的其他信息。

5.14 连续通电试验

装置连续通电试验可选取下列方式之一：

- a) 常温条件下装置连续通电 100 h；
- b) +40 ℃条件下装置整机连续通电 72 h；
- c) +50 ℃条件下装置整机连续通电 48 h。

5.15 机械性能试验

5.15.1 振动试验

按GB/T 11287—2000的规定和方法，对装置进行振动响应和振动耐久试验。

5.15.2 冲击试验

按GB/T 14537—1993的规定和方法，对装置进行冲击响应和冲击耐久试验。

5.15.3 碰撞试验

按GB/T 14537—1993的规定和方法，对装置进行碰撞试验。

5.16 结构、外观及安全标志检查

结构、外观及安全标志检查方法如下：

- a) 按 GB/T 7261—2016 中第 5 章的规定逐项进行 4.19 a)～4.19 e)规定的结构、外观检查；
- b) 用目测法分别进行机械危险防护及安全标志检查。

5.17 外壳防护试验

外壳防护试验方法如下：

- a) 按 GB 4208—2017 规定的方法，进行外壳防护等级试验；
 - b) 用目测法进行外壳防护等级标志的检查；
- 经预试合格的装置外壳，可以不再重复外壳防护试验。

6 检验规则

6.1 检验分类

产品检验分出厂检验和型式检验两种。

6.2 出厂检验

每台装置在出厂前应按规定的项目进行出厂检验，技术要求满足规定后方能出厂，出厂的产品应具有产品合格证书。出厂检验在4.1.2规定的正常试验大气条件下进行。出厂检验项目应符合表3的规定。

6.3 型式检验

6.3.1 型式检验规定

凡遇下列情况之一，应进行型式检验：

- a) 新产品定型或转场生产时；
- b) 产品性能、结构、生产工艺、材料或软件有重大改变，影响产品性能时；
- c) 连续生产 4 年；
- d) 停产一年以上又重新恢复生产时。

6.3.2 型式检验项目

型式检验项目应符合表3的规定。检验在4.1.2规定的正常试验大气条件下进行。

6.3.3 型式检验的抽样及合格判定

6.3.3.1 型式检验的抽样

型式检验从出厂检验合格的产品中任意抽取两台作为样品，然后分A、B 两组进行。A 组样品按表2中规定的a)、b)、c)、d)、e)、f)、g)各项进行检验，B 组样品按表3中规定的h)、i)、j)、k)、l)、n)、o)、p)各项进行检验。

6.3.3.2 合格判定

合格判定按下列要求：

- a) 样品经过型式检验，未发现主要缺陷，则判定产品本次型式检验合格。检验中如发现有一个主要缺陷，则进行第二次抽样，重复进行型式检验，如未发现主要缺陷，仍判定该产品本次型式检验合格。如第二次抽取的样品仍发现主要缺陷，则判定该产品本次型式检验不合格；
- b) 样品型式检验结果达不到 4.5~4.18 要求中任一条时，均按存在主要缺陷判定；
- c) 检验中样品出现非主要缺陷故障允许进行一次修复。修复内容，如对已做过检验项目的检验结果没有影响，可继续往下进行检验。反之，受影响的检验项目应重做。

表3 检验项目

检验项目名称	出厂检验	型式检验	技术要求对应条款	试验方法对应条款
a) 温度影响	—	√	4.1.1 b)	5.2
b) 温度储存	—	√	4.1.4	5.3
c) 功率消耗	—	√	4.4	5.4
d) 功能及技术性能	√	√	4.5、4.6、4.7、4.8	5.5
e) 过载能力	—	√	4.9	5.6
f) 绝缘性能	√ ^a	√	4.10	5.7
g) 耐湿热性能	—	√	4.11	5.8
h) 电磁兼容性	—	√	4.12	5.9
i) 直流电源变化影响	—	√	4.13	5.10
j) 继电保护和安全自动装置功能整组模拟	√	√	4.14	5.11
k) 当地监控系统功能整组模拟	√	√	4.15	5.12
l) 通信管理装置功能整组模拟	√	√	4.16	5.13
m) 连续通电	√	—	4.17	5.14
n) 机械性能	—	√	4.18	5.15
o) 结构、外观及安全标志	√	√	4.19	5.16
p) 外壳防护	—	√	4.20	5.17
注：“√”表示需要检验的项目，“—”表示不需要检验的项目。				
^a 只进行绝缘电阻测量和介质强度试验，不进行冲击电压试验。				

7 标志与出厂技术文件

7.1 标志

- 7.1.1 装置应具有端子标志、同极性端子标志和接地标志，且端子旁应标明端子标号；
- 7.1.2 静电敏感部件应有防静电标志；
- 7.1.3 装置外包装上应有收发货标志、包装、贮运图示标志和标签；
- 7.1.4 包装、贮运图示标志应符合 GB/T 191 的规定；
- 7.1.5 在装置的说明书、质量证明文件或包装物上应标有装置执行的标准代号；
- 7.1.6 装置的相关部位及说明书中应有安全标志，并且应符合 GB/T 14598.27—2017 中的规定。
- 7.1.7 每台装置应在机箱的显著部位设置持久明晰的标志或铭牌，标示下列内容：

- a) 制造商名称及商标;
- b) 产品型号、名称;
- c) 装置额定值及主要参数;
- d) 生产日期及编号;
- e) 对外端子及接口标识。

7.2 出厂技术文件

出厂技术文件包括下列内容:

- a) 产品合格证;
- b) 出厂质量证明书, 包括下列内容:
 - 1) 证明书编号;
 - 2) 执行标准编号;
 - 3) 制造厂厂名(或厂标)及地址;
 - 4) 产品规格数量及制造年月;
 - 5) 质量检验结果、必要时应附出厂检验记录;
 - 6) 制造厂检验部门签章。
- c) 产品使用说明书;
- d) 装箱清单;
- e) 随机备品备件清单;
- f) 产品图样及设计文件;
- g) 产品的安装及接线图;
- h) 其他有关技术资料。

8 包装、运输及储存

8.1 包装

产品除应满足GB/T 13384机电产品包装通用技术条件外, 还应符合下列要求:

- a) 装置在包装前, 应将其可动部分固定;
- b) 每台装置应用防水材料包好, 再装入具有一定防振能力的包装盒内;
- c) 装置随机文件、附件及易损件应按企业产品标准及说明书的规定一并包装和供应。

8.2 运输

包装件(包装好的产品)应适于陆运、空运、水运(海运), 运输装卸按包装箱的标志进行操作。运输过程中不应出现超过GB/T 14537—1993规定的严酷等级为1级的冲击和碰撞。

8.3 储存

长期不用的装置应保留原包装, 在4.1.4规定的条件下储存。储存场所应无酸、碱、盐及腐蚀性、爆炸性气体和灰尘以及雨、雪的危害, 且不应出现超过GB/T 14537—1993规定的严酷等级为1级的冲击和碰撞。

铁路行业标准《牵引供电综合自动化系统装置》

(征求意见稿)

编制说明

1 工作简况

1.1 编制依据

根据《国家铁路局 2024 年铁路装备技术和运输服务标准项目计划》(科法函(2024) 67 号) 24T053 项目和《国家铁路局 2024 年铁路装备技术和运输服务标准项目计划(承担单位)》(科法函(2024) 119 号)的要求,由铁路行业电气设备与系统标准化技术委员会牵引供电分技术委员会归口,并由西南交通大学、中国国家铁路集团有限公司工电部、中铁电气化局集团有限公司、中国铁路设计集团有限公司、中铁二院工程集团有限责任公司、中铁电气化勘测设计研究院有限公司、中铁检验认证中心有限公司共同起草《牵引供电综合自动化系统装置》。

本标准是对 TB/T 3226-2010《电气化铁路牵引变电所综合自动化系统装置》的修订。

1.2 制修订本标准的必要性

牵引变电所综合自动化系统装置(以下简称系统)是电气化铁路牵引供电系统的重要设备,利用计算机、网络通信、控制及继电保护原理,实现对电气化铁路牵引供变电系统的保护、控制、信息监视、数据采集的一种综合的自动化系统装置,是牵引供电系统设备安全可靠运行的保障。

TB/T 3226-2010《电气化铁路牵引变电所综合自动化系统装置》自发布实施以来,对牵引变电所综合自动化系统装置的设计、生产、检验等方面发挥了重要作用。近年来,随着电气化铁路运营规模扩大和运维模式变化,对牵引变电所综合自动化系统装置的规范化和统一化要求越来越高。经研究分析后发现,需对牵引变电所综合自动化系统装置的技术要求、试验方法、检验规则等方面进一步规范化和标准化。因此,亟需修订 TB/T 3226-2010《电气化铁路牵引变电所综合自动化系统装置》。

1.3 编制过程

在本标准的编制过程中,完成了大量的基础研究和编写工作,本标准编制过程概要如下:

(1) 标准计划下达后,在标委会组织下,西南交通大学、中国国家铁路集团有限公司工电部、中铁电气化局集团有限公司等单位成立了标准起草组,对电气化铁路牵引变电所综合自动化系统的技术要求、试验方法、检验规则等情况进行了调研,收集了相关技术资料,在对前期工作深入讨论研究后,2025 年 5 月形成了本标准的征求意见稿。

2 编制原则

2.1 标准格式统一、规范,符合 GB/T 1.1-2020 要求。

2.2 标准内容符合统一性、协调性、适用性、一致性、规范性要求。

2.3 标准技术内容安全可靠、成熟稳定、经济适用、科学先进、节能环保。

2.4 标准实施后有利于提高铁路产品质量、保障运输安全，符合铁路行业发展需求。

3 主要内容修改说明

3.1 本标准规定了电气化铁路牵引变电所（含分区所、开闭所、AT 所）综合自动化系统装置的技术要求，试验方法，检验规则，标志与出厂技术文件，包装、运输及储存；适用于电气化铁路牵引变电所综合自动化系统装置，城市轨道交通采用的同类装置可参照本文件执行。

3.2 与 TB/T 3226-2010《电气化铁路牵引变电所综合自动化系统装置》相比，本标准主要技术变化为：

- a) 删除了保护测控单元、基准值、绝对误差、相对误差、引用误差；
- b) 增加了控制字；
- c) 更改了环境条件、交流电源；
- d) 更改了系统构成及配置、站控层功能、通信网络层功能、间隔层功能；
- e) 删除了碰壳保护功能；
- f) 增加了间隔层装置外形尺寸、安装方式、安装尺寸，组屏屏柜的基本要求、装置组屏布置要求和屏柜直流电源供电；
- g) 更改了过载能力；
- h) 增加了电气间隙和爬电距离要求、保护联结阻抗；
- i) 更改了耐湿热性能、电磁兼容性能；
- j) 更改了继电保护和安全自动装置功能整组模拟；
- k) 更改了测控装置功能测试；
- l) 更改了站控层设备整组模拟、通信管理装置功能整组模拟测试；
- m) 更改了连续通电、结构外观及安全标志、外壳防护（IP 代码）；
- n) 更改了试验条件、温度影响试验、储存和运输的极限环境温度试验；
- o) 更改了功率消耗试验、功能及技术性能试验、过载能力试验；
- p) 更改了绝缘性能试验、耐湿热性能试验、电磁兼容性能试验；
- q) 更改了直流电源变化影响试验，继电保护和安全自动装置功能整组模拟试验；
- r) 更改了站控层设备整组功能模拟试验、通信设备整组功能模拟试验；
- s) 更改了连续通电试验、结构外观及安全标志检查、外壳防护试验；
- t) 更改了型式试验；
- u) 更改了标志；
- v) 更改了包装、运输及储存。

3.3 本标准参考《电气化铁路牵引变电所综合自动化系统》（Q/CR 923-2022）、《电气化铁路牵引变压器保护测控装置》（Q/CR 924-2022）、《电气化铁路自耦变压器保护测控装置》（Q/CR 925-2022）、《电气化铁路馈线保护测控装置》（Q/CR 926-2022）、《牵引供电系统继电保护和安全自动装置动态模拟试验》（Q/CR 927-2022）等技术标准，结合电气化铁路综合自动化系统装置的应用实际编制。

3.4 本标准与《电气化铁路牵引变电所综合自动化系统》（Q/CR 923-2022）、《电气化铁路牵引变压器保护测控装置》（Q/CR 924-2022）、《电气化铁路自耦变压器保护测控装置》（Q/CR 925-2022）、《电气化铁路馈线保护测控装置》（Q/CR 926-2022）、《牵引供电系统继电保护和安全自动装置动态模拟试验》（Q/CR 927-2022）相比，无重要技术差异。

3.5 经起草组研究分析，与本标准主要技术内容有关联的现行国家标准、行业标准的关联关系及后续工作建议见表 1。

表 1 与《牵引供电综合自动化系统装置》相关标准评估表

序号	被评估标准编号及名称	关联条款	关联性分析	本标准条款的合理性分析	后续工作建议
1	GB/T 18038-2008 《电气化铁道牵引供电系统微机保护装置通用技术条件》	GB/T 18038-2008 的 4.1 与本标准 4.1 存在关联	GB/T 18038-2008 的 4.1 是环境条件，本标准的 4.1 也是环境条件	本标准 4.1 中环境温度、大气压力、相对湿度、储存运输环境温度等指标优于 GB/T 18038-2008，与铁路应用实际相符。	本标准与 GB/T 18038-2008 无冲突，GB/T 18038-2008 条款无须更改。
2	GB/T 18038-2008 《电气化铁道牵引供电系统微机保护装置通用技术条件》	GB/T 18038-2008 的 4.5 与本标准的 4.7 存在关联	GB/T 18038-2008 的 4.5 是主要技术性能，本标准的 4.7 是间隔层装置的功能和性能要求。	本标准 4.5 中对装置的功能和性能要求高于 GB/T 18038-2008，与铁路应用实际相符。	本标准与 GB/T 18038-2008 无冲突，GB/T 18038-2008 条款无须更改。
3	GB/T 18038-2008 《电气化铁道牵引供电系统微机保护装置通用技术条件》	GB/T 18038-2008 的 4.6 与本标准的 4.14 存在关联	GB/T 18038-2008 的 4.6 是装置整组模拟的要求，本标准的 4.14 规定在牵引供电动态模拟系统上进行整组模拟试验，并规定了试验项目。	本标准 4.14 中对整组模拟的规定比 GB/T 18038-2008 进一步明确和具体，与铁路应用实际相符。	本标准与 GB/T 18038-2008 无冲突，GB/T 18038-2008 条款无须更改。
4	GB/T 18038-2008 《电气化铁道牵引供电系统微机保护装置通用技术条件》	GB/T 18038-2008 的 5.4 与本标准的 5.11 存在关联	GB/T 18038-2008 的 5.4 规定使用继电保护试验设备或仿真系统进行动态模拟试验，本标准 5.11 规定使用牵引供电动态模拟系统进行装置的整组功能试验。	本标准 5.11 中对动态模拟试验的规定比 GB/T 18038-2008 进一步明确和具体，与铁路应用实际相符。	本标准与 GB/T 18038-2008 无冲突，GB/T 18038-2008 条款无须更改。

4 关键指标

4.1 参考《电气化铁路牵引变电所综合自动化系统》(Q/CR 923-2022)，本标准 4.4 中修改了系统构成、通信组网、技术要求，以提高牵引变电所综合自动化系统装置的规范统一、便于检修运维。

4.2 参考 Q/CR 923-2022，本标准 4.6 中修改了间隔层装置与站控层的通信网络应采用双星型以太网或环型以太网方式，以提高通信可靠性。

4.3 参考 Q/CR 923-2022，本标准 4.8 中增加了间隔层装置外形尺寸、安装方式、安装尺寸，组屏屏柜的基本要求、装置组屏布置要求和屏柜直流电源供电，提高综自系统规范性和可靠性。

4.4 参考《电气化铁路牵引变压器保护测控装置》(Q/CR 924-2022)、《电气化铁路自耦变压器保护测控装置》(Q/CR 925-2022)、《电气化铁路馈线保护测控装置》(Q/CR 926-2022)，本标准 4.10.3 中增加了对装置电气间隙和爬电距离的要求，以提高装置绝缘性能。

4.5 参考 Q/CR 924-2022、Q/CR 925-2022 和 Q/CR 926-2022，本标准 4.10.4 中增加了对装置联结阻抗的要求，以提高装置绝缘性能。

4.6 参考 Q/CR 924-2022、Q/CR 925-2022 和 Q/CR 926-2022，本标准 4.7.1.6 中修改了“装置应具备与外部标准授时源的授时数据接口，应优先采用 IRIG-B 码对时，对时误差不大于 1 ms；当 B 码信号消失时，采用通信方式进行对时。无外部对时时，装置自身时钟 24 小时误差不应大于 5 s”的要求，提高对时可靠性。

4.7 参考《牵引供电系统继电保护和安全自动装置动态模拟试验》(Q/CR 927-2022)，本标准 4.14 中修改了继电保护和安全自动装置功能整组模拟试验项目要求，提升保护整组性能。

4.8 删除了保护测控单元、基准值、绝对误差、相对误差、引用误差的术语和定义，在本标准中未用到上述名词。

4.9 参考 Q/CR 925-2022 和实际应用情况，由于自耦变压器采用碰壳保护时安装复杂、现场易误动，删除了碰壳保护功能。

5 有无重大分歧意见

无。

6 强制或推荐、废止、公开建议

6.1 建议本标准作为推荐性行业标准发布。

6.2 由于未识别出版权等相关知识产权问题，建议本标准公开。

6.3 本标准未识别出相关专利。

7 其他应予说明的事项

无。

标准起草组

2025 年 5 月